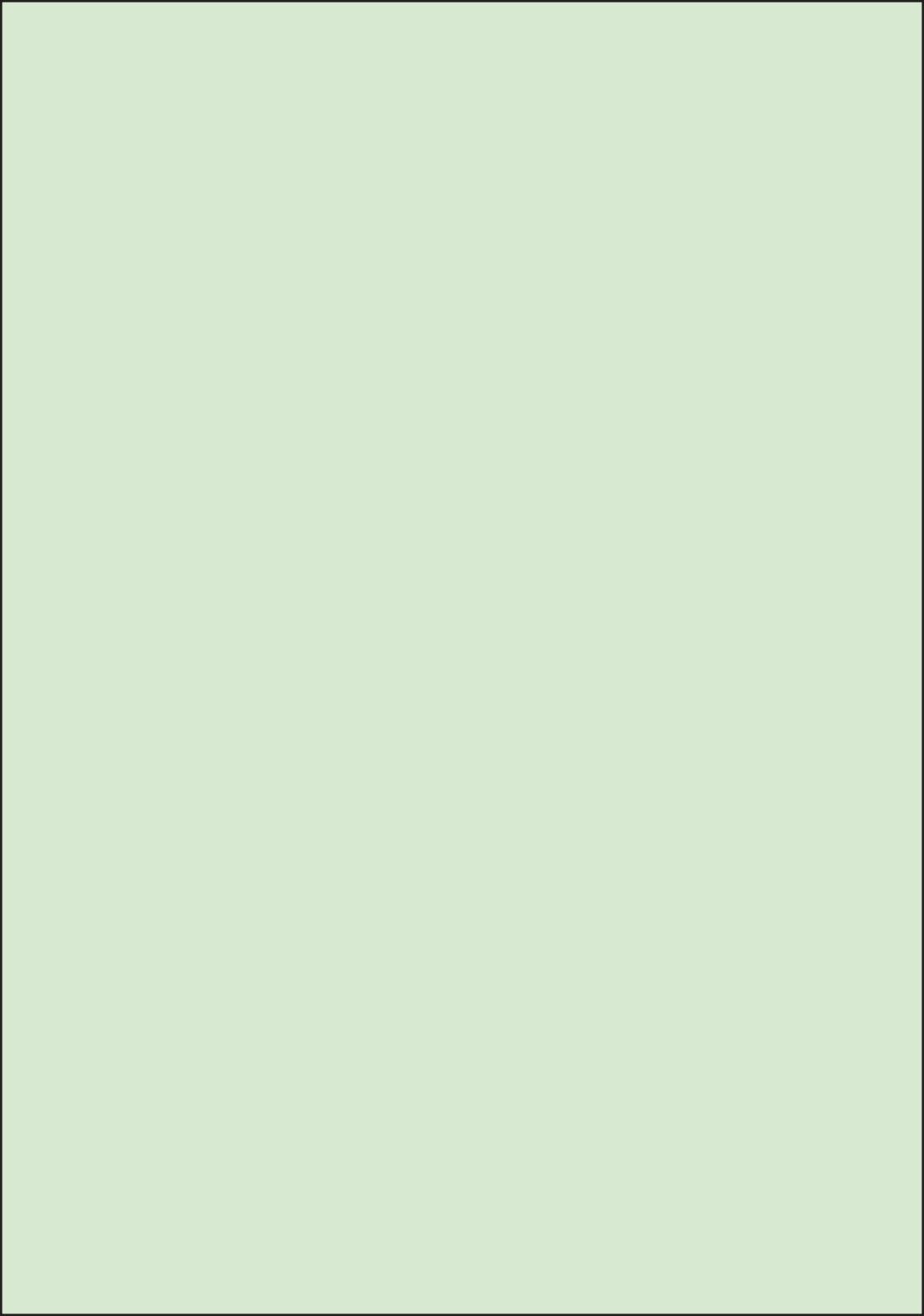




MANUAL DE BOAS PRÁTICAS

GESTÃO DO SOLO E DA ÁGUA EM ESPÉCIES PRODUTORAS DE FRUTOS SECOS





Coordenação científica
Manuel Ângelo Rodrigues
Carlos Manuel Correia

MANUAL DE BOAS PRÁTICAS

GESTÃO DO SOLO E DA ÁGUA EM ESPÉCIES PRODUTORAS DE FRUTOS SECOS

Editor
CNCFS

FICHA TÉCNICA

TÍTULO

MANUAL DE BOAS PRÁTICAS: GESTÃO DO SOLO E DA ÁGUA EM ESPÉCIES PRODUTORAS DE FRUTOS SECOS

COORDENAÇÃO

Instituto Politécnico de Bragança – Manuel Ângelo Rodrigues
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro - Carlos Manuel Correia

AUTORES

Manuel Ângelo Rodrigues e Margarida Arrobas (CIMO/IPB)
Ana Lobo Santos e Rosalina Marrão (CNCFS)
Daniela Santos, Óscar Machado, Rosinda Leonor Pato, Rui Amaro e Maria José Cunha (IPC/CERNAS/CFE/ESA)
Alberto Azevedo Gomes, Regina Menino e Isabel Videira e Castro (INIAV)
Davide Gaião, Cristina Amaro da Costa, Daniela Teixeira Costa, Paula M. R. Correia, Raquel Guiné e Helena Esteves Correia (IPV/CARNAS/ESA)
António Castro Ribeiro e David Santos Barreales (CIMO/IPB)
Carlos M. Correia (CITAB/UTAD)

EDIÇÃO

CNCFS

FOTOGRAFIAS

Manuel Ângelo Rodrigues e Margarida Arrobas (CIMO/IPB)
Ana Lobo Santos e Rosalina Marrão (CNCFS)
Daniela Santos, Óscar Machado, Rosinda Leonor Pato, Rui Amaro e Maria José Cunha (IPC/CERNAS/CFE/ESA)
Alberto Azevedo Gomes, Regina Menino e Isabel Videira e Castro (INIAV)
Davide Gaião, Cristina Amaro da Costa, Daniela Teixeira Costa, Paula M. R. Correia, Raquel Guiné e Helena Esteves Correia (IPV/CARNAS/ESA)
António Castro Ribeiro e David Santos Barreales (CIMO/IPB)
Carlos M. Correia (CITAB/UTAD)

DESIGN /PAGINAÇÃO

CNCFS

ISBN

978-989-54993-3-5

DATA

Dezembro de 2022

Grupo Operacional EGIS (entidades)

Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos (líder)

Instituto Politécnico de Bragança

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Instituto Politécnico de Coimbra

Instituto Politécnico de Viseu

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.

REFCAST – Associação Portuguesa da Castanha

Soutos os Cavaleiros, CRL.

ARBOREA – Associação Agroflorestal e Ambiental da Terra Fria Transmontana

ARATM – Associação Regional dos Agricultores das Terras de Montenegro

Cooperativa Agrícola de Alfândega da Fé, CRL.

LCN – Cooperativa dos Lavradores do Centro e Norte, CRL.

COAMÊNDUA – Coop. Agrícola de Produtores de Frutos de Casca Rija, CRL.

Cooperativa Agrícola de Penela da Beira, CRL.

Associação Florestal Vale Douro Norte

Agro Rio Bom, Lda.

Prefácio

O manual “Gestão do Solo e da Água em Espécies Produtoras de Frutos Secos” foi elaborado no âmbito das atividades do Grupo Operacional EGIS – Estratégias para uma Gestão Integrada do Solo e da Água em Espécies Produtoras de Frutos Secos. Este Grupo Operacional estabeleceu, no conjunto de todas as entidades que dele fazem parte, 17 campos experimentais envolvendo a cultura do castanheiro (7), da amendoeira (5), da aveleira (3) e da noqueira (2).

Ao contrário da maioria dos manuais técnicos de apoio à atividade agrícola que têm sido publicados nos anos recentes, e que tendem a fazer a cobertura integral das fileiras, desde a produção à comercialização, este foi organizado por tópicos, designadamente aqueles que foram mais relevantes nas atividades experimentais. Esta opção foi tomada, em primeiro lugar, porque as ações do Grupo Operacional envolveram quatro espécies arbóreas, como se referiu anteriormente, o que originaria um esforço excessivo, caso se optasse por fazer a cobertura integral das quatro fileiras, atendendo aos limitados recursos humanos e materiais disponíveis no Grupo Operacional. Em segundo lugar porque foram recentemente publicados manuais com a filosofia de fornecer informação geral sobre a fileira para todas estas espécies.

Assim, optou-se por organizar o manual por tópicos, desenvolvendo aqueles que foram relevantes nas atividades experimentais do Grupo Operacional, sendo, desta forma, possível dar um pouco de maior profundidade técnica e científica aos assuntos tratados.

ÍNDICE

1. Breve perspetiva sobre o setor dos frutos secos, 1

Ana Lobo Santos, Rosalina Marrão

2. Correção do solo e adubação dos pomares à instalação, 4

Margarida Arrobas e M. Ângelo Rodrigues

3. A nutrição e fertilização da nogueira, 12

Daniela Santos, Óscar Machado, Rosinda Leonor Pato, Rui Amaro, Maria José Cunha

4. Fertilização do castanheiro, 32

Margarida Arrobas e M. Ângelo Rodrigues

5. Gestão da fertilidade do solo e fertilização em pomares biológicos, 41

Margarida Arrobas, M. Ângelo Rodrigues

6. Utilidade das pastagens permanentes biodiversas para uma gestão sustentável do solo em soutos, 51

Alberto Gomes, Regina Menino, Isabel Videira e Castro

7. Gestão da rega na aveleira, 63

Davide Gaião, Cristina Amaro da Costa, Daniela Teixeira Costa, Paula M. R. Correia, Raquel Guiné, Helena Esteves Correia

8. Estratégias de rega para o amendoal num clima em mudança, 72

António Castro Ribeiro, David Santos Barreales

9. Aplicação de algas marinhas em caldas foliares, 81

M. Ângelo Rodrigues, Carlos Correia, Margarida Arrobas

10. Aplicação de hidrolisados de proteína em caldas foliares, 87

M. Ângelo Rodrigues, Carlos Correia, Margarida Arrobas

1

Breve perspetiva sobre o setor dos frutos secos

Ana Lobo Santos, Rosalina Marrão

Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos

A produção mundial de frutos secos cresceu 65% na última década, esperando-se a manutenção desta tendência para os próximos anos, motivada pelo crescente consumo nos países desenvolvidos e emergentes (INC, 2021).

Em 2019 a produção mundial de frutos secos era de 12.486.104 t e em Portugal de 116.114 t (FAOSTAT, 2021). Embora a produção nacional seja pouco significativa face aos maiores produtores mundiais, a amêndoa nacional é considerada de excelente qualidade.

Atualmente, os frutos secos passaram a ser consumidos durante todo ano, perdendo a sua característica sazonal. Esta mudança nos padrões de consumo, que se deveu à consciencialização da sua importância para a saúde, teve um efeito muito positivo no aumento das vendas. A crescente preocupação com a saúde tem também levado os consumidores a desenvolverem novos hábitos de compra, procurando cada vez mais os produtos biológicos.

Em Portugal, o setor dos frutos secos está em franco crescimento, principalmente pelo seu interesse económico e valor nutricional. Em 2019 a área cultivada era de 96.230 ha, tendo apresentando um ritmo de crescimento de 15 % nos últimos cinco anos (FAOSTAT, 2021). É de salientar que algumas regiões do país, que tradicionalmente não eram produtoras destes frutos, têm também assumido uma posição de destaque, apostando em produções intensivas e no recurso a novas variedades e tecnologias. O castanheiro, a amendoeira e a nogueira têm, no seu conjunto, uma enorme importância económica, social, cultural e ambiental, constituindo-se como elementos caracterizadores da paisagem. A produção destes frutos secos de casca rija é, em algumas regiões do país, a principal fonte de rendimento das populações rurais, assegurando, para além de valor económico e social muito relevantes, outras componentes fundamentais, tais como a multifuncionalidade e a manutenção dos agro-sistemas ecologicamente adaptados. Nas figuras 1.1 e 1.2 pode observar-se a evolução da área de produção e da produção de frutos secos em Portugal entre 2015 e 2019. Uma das culturas que apresentam maior crescimento em área de produção é a amendoeira.

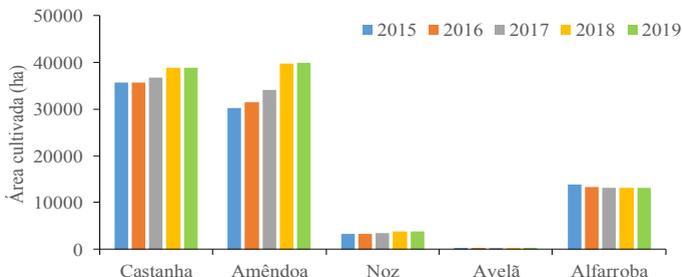


Figura 1.2. Evolução da área de produção de frutos secos em Portugal entre 2015 e 2019 (FAOSTAT, 2021).

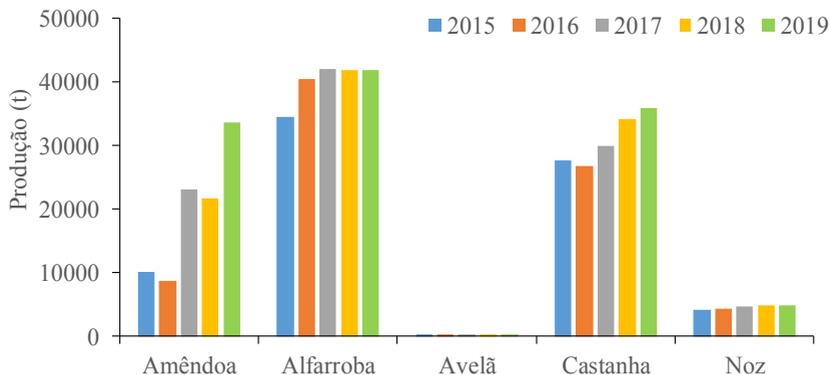


Figura 1.2. Evolução da produção de frutos secos em Portugal entre 2015 e 2019 (FAOSTAT, 2021).

A cultura da avelã, apesar de ainda ser pouco relevante nas estatísticas nacionais em comparação com as outras espécies, tem apresentado um crescimento significativo. A procura por informação sobre esta cultura e a instalação de novos pomares tem sido uma constante. Em termos mundiais há falta de avelã no mercado, principalmente devido à indústria chocolateira, tornando esta cultura atrativa.

Trás-os-Montes e Alto-Douro (TMAD) é, por tradição, uma região produtora de frutos secos, mas necessita de se tornar competitiva para enfrentar os mercados nacionais e principalmente garantir o seu lugar nos mercados internacionais. No Alentejo tem-se investido muito no setor da amêndoa e da noz, em sistemas de produção diferentes dos de TMAD, plantando-se amendoais intensivos, por vezes de alta densidade, e sempre integrados em regadio. Contudo, uma parte significativa dos pomares de frutos secos em Portugal são de reduzidas dimensões e cultivados em regime de sequeiro, pelo que, apesar de produzirem frutos secos de elevada qualidade, apresentam produtividades relativamente baixas. Este aspeto negativo tem, contudo, uma certa compensação por normalmente necessitarem menores cuidados fitossanitários. A amendoeira é paradoxal neste aspeto. O Alentejo em poucos anos passará a ser a região com maior produção de amêndoa, apesar da região Norte continuar com maior área de produção (INE, 2019). De forma a aumentar a rentabilidades e a competitividade das explorações tradicionais, é necessário encontrar formas de aumentar a produtividade, mesmo em sequeiro, e alternativas de mercado como, por exemplo, as que se abrem associados ao modo de produção biológico. A amendoeira deve assumir um papel importante na manutenção da paisagem e na fixação das pessoas nos territórios do interior.

A falta de escala dos pomares na maior parte das regiões do país constitui um problema em termos de custos de produção e preço final do produto. Analisando os dados que caracterizam as explorações agrícolas em Portugal, constata-se que 71 % das explorações têm menos de 5 ha (GPP, 2019). Para que os frutos secos tenham uma maior valorização nos mercados, o produto final tem que ter um diferencial associado (mais qualidade, mais sabor, novos produtos como snacks, entre outros).

O mercado dos frutos secos está bastante valorizado e é relativamente estável no que diz

respeito ao preço pago ao produtor (Quadro 1). Segundo Agro.Ges (2020), o volume de negócios total associado à produção de derivados de frutos secos tem evoluído de forma muito positiva, tendo atingido um máximo absoluto em 2018 de 52,4 milhões de euros.

Quadro 1. Evolução do preço (€ kg⁻¹) de frutos secos em Portugal nos anos de 2016 a 2018 (INE, 2019).

Frutos Secos	2016	2017	2018
Amêndoa com casca	0,90	0,81	0,72
Castanha	1,85	2,09	2,78
Noz	3,70	2,88	3,20
Avelã	1,75	1,85	2,20

Os indicadores observados nos últimos anos dão claramente pistas de que o setor dos frutos secos, principalmente devido às culturas da amendoeira e a curto prazo da aveleira, vai assumir um lugar de destaque no setor agrícola nacional e, sobretudo, favorecer o crescimento económico das regiões do interior.

Referências

Agro.Ges (2020). Fileira dos frutos de casca rija. Millennium, Agro News. Nº 3, abril 2020.

FAOSTAT. 2021. Production: Crops and livestock products. <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (consultado em 17 de maio de 2021).

GPP (Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral). 2019. Evolução Estrutural das Explorações Agrícolas do Continente 1989-2019. https://www.gpp.pt/images/Estatisticas_e_analises/Estatisticas/AgricolasEstruturais_Producao/DadosEstruturaisExploracoesAgricolas_1989_2019.xlsm (consultado em 17 de maio de 2021).

INC (International Nut and Dried Fruit Council). 2021. INC, Statistical Yearbook 2020-2021. https://www.nutfruit.org/files/tech/1621253983_INC_Statistical_Yearbook_2020-_2021.pdf (consultado em 17 de maio de 2021).

INE (Instituto Nacional de Estatística). 2019. Estatísticas Agrícolas 2018. <https://www.agroportal.pt/estatisticas-agricolas-2018/> (consultado em 17 de maio de 2021).

2

Correção do solo e adubação dos pomares à instalação

Margarida Arrobas, M. Ângelo Rodrigues

Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança

Índice

2.1 Introdução

2.2 Conhecer a parcela antes da instalação do pomar

2.3 Relevância da correção do pH do solo antes da instalação do pomar

2.4 Aplicação de matéria orgânica na instalação do pomar

2.5 Aplicação de fertilizantes minerais antes da instalação do pomar

2.6 Nota final

Referências

2.1 Introdução

Na documentação escrita sobre instalação de pomares há tendência a diferenciar a correção do solo e as adubações que se fazem nesta fase, das intervenções efetuadas durante o período de plena produção das árvores. Contudo, se antes da instalação do pomar ainda não há plantas em crescimento, será que se justifica fazer aplicação de corretivos ou adubos ao solo? Será esta estratégia eficiente no uso destes fatores de produção? Não será de esperar pela instalação das plantas e intervir depois? Não deve ser esquecido que antes da instalação do pomar apenas se dispõe de análises de terras para auxiliar na tomada de decisão, enquanto durante a vida do pomar se pode recorrer à análise de tecidos vegetais, cuja importância no estabelecimento dos programas de fertilização é internacionalmente reconhecida.

Embora possa parecer que estas interrogações fazem algum sentido, há razões claras e objetivas para se fazerem intervenções antes da instalação das culturas arbóreas e arbustivas. Há mesmo operações de correção do solo que, não sendo feitas antes da instalação, nunca mais será possível fazê-las de forma tão eficaz. Justifica-se, assim, refletir este tópico que tantos produtores negligenciam aquando da instalação dos seus pomares.

2.2 Conhecer a parcela antes da instalação do pomar

A informação mais relevante relativa a uma dada parcela antes de se instalar um pomar é sobre a sua drenagem. Num solo com drenagem deficiente não se consegue estabelecer um pomar. As árvores morrem por asfixia radicular ou devido a doenças radiculares provocadas por microrganismos que beneficiam da humidade excessiva do solo. Drenagem deficiente pode dever-se a um conjunto de fatores, como pontos de água ou toalha freática próxima da superfície e/ou à existência de impermes subsuperficiais. Tende a ser favorecida por declives reduzidos, mas também por texturas que não favoreçam a drenagem interna, como são as limosas e as argilosas. A instalação de um pomar num solo que drene de forma deficiente requer a elaboração de um plano para a drenagem das águas, cuja complexidade depende da gravidade da situação

e que pode variar desde simples valas de drenagem a céu aberto à instalação de tubagem geodreno subterrânea (Figura 2.1). Em algumas regiões do país, em pomares de regadio, tem-se optado por plantar as árvores em camalhões. Contudo, esta opção em sequeiro deve ser cuidadosamente refletida pelo risco de agravamento do stresse hídrico estival. No entanto, estas ações saem do âmbito da correção e fertilização do solo e não serão desenvolvidas nestes textos, ficam apenas como uma chamada de atenção aos leitores interessados.



Figura 2.1. Aplicação de tubagem geodreno perfurada e manta geotêxtil em amendoal.

Antes da instalação de um pomar, qualquer estratégia de correção do solo ou fertilização é baseada na análise de terras, o único método de diagnóstico disponível ao momento (Figura 2.2). A análise de terras fornece informação valiosa e imprescindível na gestão de uma plantação. Entre muitas outras variáveis que se podem determinar numa análise de terras destacam-se, pela sua importância, a granulometria das partículas minerais, que permite conhecer a textura do solo (com influência na drenagem), a reação do solo ou pH, o teor de matéria orgânica, as bases de troca e a disponibilidade de macronutrientes, como fósforo e potássio, e de micronutrientes como boro, ferro, cobre, zinco ou manganês. Contudo, das variáveis da fertilidade do solo referidas, as que mais frequentemente se têm em conta para decidir sobre a necessidade de intervir antes duma plantação são a reação do solo ou pH, o teor de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes, em particular de fósforo e potássio. É sobre a relevância de se corrigirem estes aspetos da fertilidade do solo antes da plantação que se preparou este documento.



Figura 2.2. Aspeto de uma jovem plantação de amendoal. Antes de o pomar ter árvores adultas, as intervenções de correção do solo e fertilização baseiam-se na análise de terras.

2.3 Relevância da correção do pH do solo antes da instalação do pomar

A reação ou pH é provavelmente a propriedade do solo que mais constrangimentos pode impor ao desenvolvimento das plantas. O pH reflete a concentração de íões hidrogénio em solução, usando uma escala que é o logaritmo decádico negativo dessa concentração, e que varia de 0 a 14. Em solos cultivados, o pH varia normalmente de 4 a 8, embora valores fora desta gama possam ainda ser encontrados. Para valores de pH próximos de 7 (entre 6,5 a 7,5), os solos são considerados neutros, acima desses valores são considerados básicos ou alcalinos e abaixo são ácidos. Quanto mais alcalino ou ácido é um solo maiores constrangimentos são impostos às espécies cultivadas. Em Portugal dominam os solos ácidos. Santos (2015) estima que 80% dos solos cultivados apresentem reação ácida.

São diversos os constrangimentos que os solos ácidos impõem ao crescimento das plantas, dependendo a importância do problema do nível de acidez. De uma maneira geral, os principais problemas para as plantas que se desenvolvem em solos ácidos resultam da toxicidade do alumínio solúvel, normalmente representado por Al^{3+} , e do próton (H^+). Em solos minerais ácidos, os catiões cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) foram substituídos por Al^{3+} e H^+ nos locais de troca dos minerais de argila. Al^{3+} e H^+ em níveis elevados no solo (elevada acidez) têm um efeito fortemente deprimente sobre o desenvolvimento do sistema radicular. As raízes ficam, curtas, grossas e atarracadas e não se conseguem ramificar (Marschner e Rengel, 2012).

Em solos com reserva de manganês e com Mn^{2+} no complexo de troca, a toxicidade de manganês pode tornar-se o principal fator de stresse das plantas em solos ácidos (Broadley et al., 2012). Enquanto em solos tropicais muito meteorizados os solos ácidos tendem a ter baixas reservas de manganês, em zonas temperadas, como acontece em Portugal, o manganês pode ser um fator de toxicidade importante dos solos ácidos (Arrobas et al., 2018). A situação da toxicidade de manganês tende a agravar-se quando simultaneamente ocorrem situações de anaerobiose em solos deficientemente arejados (Afonso et al., 2020). Ao contrário do alumínio, que causa dano sobretudo no estabelecimento do sistema radicular, o manganês é absorvido e transportado para a parte aérea, pelo que os sintomas de toxicidade ocorrem primeiro nas folhas, provocando enrugamento dos limbos e manchas cloróticas nas nervuras (Weil e Brady, 2017).

Em solos ácidos, o fósforo (P) inorgânico precipita na forma de minerais secundários ligado ao ferro (Fe) e alumínio (Fe/Al-P) e/ou é adsorvido nas superfícies dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al e minerais de argila, o que restringe a sua solubilidade e disponibilidade para as plantas (Weil e Brady, 2017). Em solos ácidos é ainda provável que surja deficiência de cálcio, magnésio e molibdénio nas plantas, entre outras perturbações possíveis de menor significado, mas que podem envolver metais pesados, como chumbo e níquel, que contaminam os alimentos (George et al., 2012).

Um solo agrícola deve ter um pH adequado à espécie ou espécies que nele se pretendem cultivar. Corrigindo o pH elimina-se o risco de surgirem os problemas anteriormente descritos. Num sistema de agricultura baseado em culturas anuais, em qualquer momento entre duas culturas se pode aplicar um corretivo alcalinizante e resolver o problema. Existe até a indicação de que a correção deve ser feita antes da instalação de uma gramínea, para reduzir o risco de se provocar uma deficiência de potássio (Santos, 2015). As gramíneas, por terem menor capacidade de troca catiónica radicular, absorvem mais facilmente catiões monovalentes como

o potássio (K^+). Como com a aplicação de um calcário aumenta a presença de Ca^{2+} e também Mg^{2+} (quando se usam calcários dolomíticos) no complexo de troca, pode originar-se deficiência de potássio por efeito da diluição do K^+ no complexo de troca ou por antagonismo iónico.

Nos pomares, contudo, só há um momento adequado para se fazer a correção da acidez. Esse momento é antes da instalação do pomar. Uma vez instaladas as árvores, deixa de ser possível corrigir o solo de forma eficaz. Como já foi referido, a acidez pode influenciar as árvores pela elevada quantidade de espécies iónicas presentes na solução do solo que são tóxicas (Al^{3+} , Mn^{2+}) e/ou pela redução da disponibilidade de nutrientes importantes, como fósforo, cálcio, magnésio e molibdénio. Nos pomares, o que recomenda a correção antecipada do solo são os espécimes iónicos que são tóxicos. O solo tem de ser integralmente corrigido para que sejam precipitados e deixem de estar acessíveis às raízes. Após a plantação, a aplicação de calcário fica restringida às entrelinhas, ficando a zona mais próxima dos troncos por corrigir. Tal como os nutrientes importantes para a planta podem ser absorvidos apenas por uma fração do sistema radicular (veja-se o que acontece na fertirrega), sendo depois redistribuídos por todos os tecidos que deles necessitam, também para os elementos tóxicos basta que uma parte do sistema radicular esteja exposta à acidez para que a planta possa sofrer os danos da exposição aos metais em excesso e surgir toxicidade. Assim, para reduzir o risco de toxicidade de alumínio e/ou manganês, o solo deve ser corrigido de forma homogénea e isso só é feito adequadamente antes da instalação das árvores.

Por outro lado, com vista a neutralizar de forma mais rápida e efetiva a presença de alumínio e manganês na solução, o calcário deve ser incorporado em profundidade. Depois do pomar estar plantado, é muito provável que se estabeleça um sistema de gestão do solo sem mobilização, o que vai dificultar a incorporação do calcário. Ainda que se faça uma mobilização no pomar instalado, a incorporação em profundidade está comprometida porque quanto mais profunda a mobilização maior será a destruição do sistema radicular. Com aplicações superficiais sem incorporação, a eficácia no alívio das condições de acidez é baixa e mais demorada, dada a reduzida mobilidade do cálcio no solo.

Na correção de solos ácidos, os calcários a utilizar devem ser dolomíticos, isto é, devem ter uma boa percentagem de magnésio, embora esta decisão possa ser tomada após uma avaliação às bases do complexo de troca do solo e à relação cálcio/magnésio. No entanto, numa calagem aplica-se sempre grande quantidade de corretivo, pelo que tende a ser mais seguro e justificável do ponto de vista económico utilizar calcários dolomíticos, ainda que normalmente sejam mais caros que os calcíticos.

Solos alcalinos ou de pH elevado são menos frequentes em Portugal. Este tipo de solos surge sobretudo em regiões áridas e semiáridas, e em Portugal encontram-se maioritariamente no sul do país. A correção de solos alcalinos não se consegue fazer com a simplicidade e eficácia com que se consegue corrigir a acidez. Se o complexo de troca é dominado por Ca^{2+} e Mg^{2+} , os principais constrangimentos que afetam o desenvolvimento das plantas relacionam-se com a deficiência de ferro (clorose férrica), devido à redução da solubilidade do elemento (Weil e Brady, 2017). Em solos de pH muito elevado, em que o complexo de troca seja dominado por sódio (solos sódicos) os principais problemas para o crescimento das plantas advêm de drenagem deficiente (desfloculação das argilas) e toxicidade de sódio e/ou boro (Weil e Brady, 2017).

2.4 Aplicação de matéria orgânica na instalação do pomar

Se o projeto de plantação se localizar no interior do país e se a parcela apresentar algum declive, como é comum no interior norte e centro, o solo vai apresentar não só baixo teor em argila como também teores baixos ou muito baixos de matéria orgânica. Podem ser exceção situações em que a parcela tenha estado com mato por um longo período, podendo nesse caso apresentar teores um pouco mais elevados de matéria orgânica, mas que rapidamente vão decrescer para níveis muito baixos logo que o cultivo se reinicie.

Ainda que a matéria orgânica determine propriedades relevantes do solo, como capacidade de armazenamento de água e arejamento (por promover a agregação), a fruticultura mediterrânica pode funcionar de forma razoavelmente aceitável em solos pobres em matéria orgânica, desde que assegurado arejamento, boa drenagem da zona radicular e o fornecimento regular de nutrientes pela aplicação de fertilizantes.

Em projetos de fruticultura, a correção do teor de matéria orgânica do solo antes da plantação é uma utopia. Isto é, não faz sentido aplicar corretivos orgânicos com o objetivo de aumentar o teor em matéria orgânica do solo. O recurso não está normalmente disponível para poder ser usado em larga escala, os custos do produto e da aplicação são incomportáveis e os efeitos da aplicação dos corretivos orgânicos no teor de matéria orgânica do solo são negligenciáveis. Isto é, grande parte do carbono orgânico introduzido no ano da plantação seria rapidamente mineralizado sem mudança apreciável no teor de matéria orgânica do solo e sem qualquer outro efeito benéfico relevante para as plantas que vão ser instaladas.

Isto não significa que não se deva aplicar alguma matéria orgânica na plantação dos pomares. Pode aplicar-se, mas não com o objetivo de aumentar o teor de matéria orgânica do solo. Se o método de plantação o permitir, pode e deve ser aplicada matéria orgânica bem compostada (pouco reativa, ou de razão carbono/azoto baixa) na linha ou cova de plantação. Contudo, a matéria orgânica nunca pode ser colocada no fundo do rego ou da cova, pois isso dificultaria a sua mineralização e criaria uma camada de matéria orgânica compactada que tenderia a dificultar a expansão do sistema radicular. Em plantações, o corretivo orgânico deve ser sempre bem misturado com o solo que vai estar em contacto com a zona radicular. A expectativa é que a matéria orgânica tenha um papel benéfico na planta no primeiro e eventualmente no segundo anos de crescimento. A matéria orgânica pode contribuir para regular a disponibilidade de água durante o verão, favorecer o arejamento e fornecer nutrientes à planta de forma gradual.

A matéria orgânica no solo ao longo da vida dos pomares também não se gere com aplicação de corretivos orgânicos. Isso implicaria a sua incorporação, aspeto que deve ser evitado pois o solo dos pomares não deve ser mobilizado (Figura 2.3). Para além dos recursos orgânicos disponíveis serem residuais, em comparação com as áreas de pomares e vinhas existentes em Portugal, os seus custos de mercado e a necessidade de incorporação reduzem a possibilidade de serem usados nestes agro-sistemas. Em pomares, a matéria orgânica do solo deve ser gerida mantendo coberturas vegetais ou enrelvamento das entrelinhas adequados às condições ecológicas de cada região (Rodrigues e Arrobas, 2020). Está suficientemente demonstrado o papel das coberturas vegetais no aumento de matéria orgânica do solo por comparação com pomares mobilizados ou geridos com herbicidas (Rodrigues et al., 2015). Os fertilizantes orgânicos disponíveis no mercado (ou na exploração) devem ser canalizados para outros fins,

como a horticultura intensiva, onde o agro-sistema pode tirar maior partido da utilização destes recursos fertilizantes.



Figura 2.3. Souto de castanheiros com gestão do solo sem mobilização.

2.5 Aplicação de fertilizantes minerais antes da instalação do pomar

Em pomares é frequente recomendar-se fósforo e, eventualmente, potássio à instalação. Por vezes recomendam-se mesmo quantidades elevadas quando as análises de solos revelam teores baixos desses nutrientes no solo. Contudo, ao contrário da importância da correção do pH à instalação, não se deve investir muito na aplicação destes nutrientes, sobretudo em potássio. De uma maneira geral, a eficiência de uso dos nutrientes aumenta quando estes são aplicados próximos do momento em que podem ser utilizados pelas plantas (Weil e Brady, 2017). No caso dos pomares, podem decorrer alguns anos desde a plantação até que as raízes se expandam e explorem todo o solo do pomar. No caso do potássio, um elemento de mobilidade razoável no solo, não tem qualquer fundamento aplicar doses reforçadas do elemento à instalação, mesmo que os solos sejam pobres. Este elemento deve ser gerido no plano anual de fertilização, quer seja por aplicação ao solo na forma de adubos convencionais quer seja na fertirrega em pomares que disponham deste sistema. É de notar que em solos de reduzido conteúdo em argila (o potássio do solo encontra-se fixado nos espaços interlamelares dos minerais de argila 2:1 e adsorvido no complexo de troca), o potássio pode ser lixiviado com as precipitações de inverno, pelo que não deve aplicado com antecedência relativamente ao momento em que vai ser absorvido pelas plantas.

Quanto ao fósforo, corrigindo o pH torna-se menos relevante aplicar fósforo na instalação, sendo expectável que após correção do pH o fósforo disponível para as plantas aumente, mesmo sem a aplicação do nutriente. O que poderia justificar a aplicação de fósforo à instalação é a baixa mobilidade do elemento no solo. O fósforo move-se sobretudo por difusão na solução do solo (processo lento), embora também se mova no solo por fluxo de massa (na corrente provocada pela absorção de água pelas plantas) (Havlin et al., 2014). Assim, admitindo que o pomar venha a ser gerido sem mobilização, a aplicação do nutriente à superfície pode retardar o efeito da fertilização nas plantas devido à demora na migração do nutriente em profundidade até à zona de absorção radicular. Contudo, esta questão não se coloca em pomares mobilizados e

em pomares que tenham um sistema de fertirrega instalado. Por outro lado, a aplicação muito antecipada de fósforo relativamente ao momento em que existem raízes ativas em extensão apreciável também leva a imobilização do nutriente e à redução da eficiência do seu uso. Assim, aplicação de fósforo em quantidades elevadas à instalação são difíceis de justificar e não devem ser recomendadas. Em pomares tradicionais com aplicação de fertilizantes à superfície, o uso do fósforo deve ser sempre visto como uma estratégia plurianual, em que as doses do nutriente são reguladas pela evolução do estado nutricional das plantas avaliado através de análises de tecidos vegetais.

Os micronutrientes que se venham a revelar importantes para o pomar devem ser geridos com base na fertilização anual e não à instalação. A correção do pH deve resolver o problema dos micronutrientes, com exceção do boro, que deverá ter de ser aplicado com regularidade. O boro é muito móvel na maioria dos solos, perdendo-se com facilidade com a água de percolação. O boro é retido no solo na matéria orgânica e nos minerais de argila 2:1 (Goldberg, 1997; Goldberg e Suarez, 2012), pelo que, como se referiu, a maioria dos solos não o consegue reter. A aplicação anual nas doses corretas assegura a disponibilidade regular do nutriente e evita que ocorram perdas com a água das chuvas.

2.6 Nota final

A correção do pH é obrigatória antes da instalação de um pomar, uma vez que mais tarde a operação não se consegue fazer com adequada eficácia. O calcário deve ser aplicado logo após os trabalhos de nivelamento (quando necessários), isto é, antes de se iniciarem os trabalhos de mobilização do solo em profundidade. Quanto mais profunda a aplicação e mais homogénea a distribuição, menores os riscos de surgirem problemas nas árvores relacionados com a acidez original do solo. Isto não invalida que em pomares adultos se possam e devam aplicar calcários sempre que o pH se revele muito baixo. Este artigo pretende destacar que há um momento adequado e momentos menos adequados. Fazer a correção do solo depois da instalação do pomar é remediar um problema.

Corretivos orgânicos não estão normalmente disponíveis em quantidades que permitam, e nem se justifica, a sua aplicação em toda a superfície da parcela. Se for aplicada matéria orgânica à instalação em toda a parcela não é expectável que faça qualquer diferença nos teores de matéria orgânica do solo se estes forem avaliados uns meses depois. A aplicação de matéria orgânica bem compostada junto às plantas (bem misturada com o solo), se o sistema de plantação o permitir, é aconselhável e pode favorecer o desenvolvimento inicial das árvores.

Fósforo, potássio e outros nutrientes devem ser geridos durante a vida útil do pomar, nos planos de fertilização anual. É de evitar aplicar quantidades relevantes destes nutrientes antes da instalação do pomar, uma vez que a eficiência do seu uso será sempre baixa.

Referências

Afonso, S., Arrobas, M., Rodrigues, M.A. 2020. Soil and plant analyses to diagnose hop fields irregular growth. *Journal: Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 20:1999–2013. DOI: 10.1007/s42729-020-00270-6

- Arrobas, M., Afonso, S., Rodrigues, M. A., 2018. Diagnosing the nutritional condition of chestnut groves by soil and leaf analyses. *Scientia Horticulturae* 228: 113–121.
- Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z., Zhao, F., 2012. Function of nutrients, micronutrients. In: Marschner, P. (Ed.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier, London, UK. pp. 191–248.
- George, E., Horst, W. J., Neumann, E., 2012. Adaptation of plants to adverse chemical soil conditions. In: Marschner, P. (Ed.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier, pp. 409-472.
- Goldberg, S. 1997. Reactions of boron with soils. *Plant and Soil* 193: 35-48.
- Goldberg, S., Suarez, D. L. 2012. Role of organic matter on boron adsorption-desorption hysteresis of soils. *Soil Science* 177: 417-423.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D., 2014. *Soil Fertility and Fertilizers*. Pearson, Boston, USA.
- Marschner, P. Rengel, Z., 2012. Nutrient availability in soils. In: Marschner, P. (Ed.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier, London, UK. pp. 315–330.
- Rodrigues, M.A., Arrobas, M. 2020. Cover cropping for increasing fruit production and farming sustainability. In: Srivastava, A.K., Hu, C. (Eds), *Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. pp, 279-295.
- Rodrigues, M.A., Dimande, P., Pereira, E., Ferreira, I.Q., Freitas, S., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J., Arrobas, M. 2015. Early-maturing annual legumes: an option for cover cropping in rainfed olive orchards. *Nutr Cycl. Agroecosys.* 103:153–166. (DOI: 10.1007/s10705-015-9730-5).
- Santos, J. Q. 2015. *Fertilização. Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e corretivos*. Publindústria, Edições técnicas.
- Weil, R.R., Brady, N.C. 2017. *The nature and properties of soils*. 15th edition, Pearson, London, England.

3

A nutrição e fertilização da noqueira

Daniela Santos¹, Óscar Machado^{1,2}, Rosinda Leonor Pato^{1,2}, Rui Amaro¹ e
Maria José Cunha^{1,2,3}

¹ Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Coimbra

² Centro de Estudos em Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS)

³ CFE, Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra

Índice

3.1 Introdução

3.2 Condições edafoclimáticas e cuidados na instalação

3.2.1 Clima

3.2.2 Solos

3.2.3 Época de plantação

3.3 Necessidade em nutrientes

3.4 Gestão da fertilidade do solo e da fertilização da noqueira

3.4.1 Azoto

3.4.2 Fósforo

3.4.3 Potássio

3.5 Nota Final

Referências

3.1 Introdução

Em Portugal, a noqueira é uma cultura ancestral, com tradição mais antiga no Centro e Norte interiores. Atualmente, o cultivo da noz encontra-se disperso um pouco por todo o país. Os pomares ordenados assumem maior importância nas regiões de Trás-os-Montes (Bragança e Mirandela), Beira Litoral (Condeixa, Penela e Miranda do Corvo), Alentejo (Estremoz, Arraiolos, Portalegre, Castelo de Vide e Marvão) e Ribatejo e Oeste, sendo que, sobretudo em Trás-os-Montes e na Beira Litoral, os pomares são instalados em pequenas parcelas e os mais antigos são conduzidos de modo rudimentar, sem perspectiva de grandes produções ou valorização comercial.

Com uma área de cultura superior a 3 150 hectares, a produção anual nacional ultrapassa as 4 500 toneladas. É nos concelhos de Estremoz e Arraiolos, no Alentejo, que se obtêm as maiores produtividades do país, muito devido à natureza dos pomares que são mais modernos, na sua maioria bem implantados e com técnicas de condução adequadas (GPP, 2007; Marketing Agrícola, 2017).

Entre as variedades que demonstram melhor adaptação às condições edafoclimáticas nacionais estão as californianas, as francesas e as chilenas, nomeadamente Franquette, Hartley, Chandler, Lara, Frenor, Howard, Mayette e Serr (Marketing Agrícola, 2017). A produtividade é muito variável, de acordo com a variedade e melhor adaptação ou adequação ao solo e clima, e poderá situar-se entre 3 t/ha (comum para a Hartley), 5 t/ha (comum para a Serr) ou 6 t/ha (comum para a Howard e Chandler). Os porta-enxertos mais bem adaptados a solos ácidos e

solos alcalinos são a *Juglans nigra* L. e a *Juglans regia* L., respetivamente (Infoagro, 2010). Os compassos podem ir de 7m×4m numa condução 'superintensiva', até ao máximo de 10m×10m.

A colheita da noz ao longo do território é antecipada no Alentejo e Ribatejo (entre 15 de setembro e fins de outubro) e mais tardia no Centro e Norte interior (de outubro a fins de novembro).

A grande valorização da noz no mercado deve-se muito ao crescimento da investigação sobre a composição e propriedades dos alimentos, que vem atribuindo ao consumo de noz um conjunto alargado de benefícios devidos à sua composição em taninos, componentes do complexo vitamínico B, juglona ou juglandina e minerais resinosos e pécnicos. A noz contém uma grande parte de vitaminas do complexo B e é rica em ácido fólico, é a oleaginosa mais rica em cobre e zinco, rica em ácido linoleico e com valores interessantes de potássio, magnésio, sódio, fósforo, enxofre, ferro e cálcio. A nível medicinal, tem um efeito anti-helmíntico, adstringente, bactericida, depurativo, detergente, digestivo, diurético, hemostático, inseticida, laxativo, tónico e vermífugo (Peres e Gouveia, 2017). Efetivamente, é um alimento funcional que apresenta propriedades antioxidantes e antimicrobianas (Pereira et al., 2008; Oliveira et al., 2008). Também se pode fazer a extração do óleo a ser utilizado como óleo alimentar, combustível ou base de determinadas pinturas.

Para além das propriedades nutricionais do fruto, é também associada à nogueira uma vasta gama de propriedades medicinais curativas e preventivas, tanto à casca como às folhas e aos frutos (Amaral et al., 2003; FAOSTAT, 2016).

A realidade na produção de nozes no país alterou-se bastante a partir da década de 90 e mais rapidamente desde a conclusão do empreendimento hidroagrícola do Alqueva. Outro contributo decisivo tem sido o grande esforço realizado na investigação dedicada à seleção de variedades mais bem adaptadas a diversas condições edafoclimáticas da Península Ibérica, que resultam em melhores produções. Tal permitiu que os níveis de produção e qualidade da noz atuais sejam largamente superiores aos dos pequenos pomares conduzidos em modo tradicional. As novas práticas de instalação e condução dos novos povoamentos são muito mais mecanizadas, em resultado do grande investimento que tem sido feito mundialmente no desenvolvimento de novas soluções tecnológicas para a agricultura.

Tem também havido um grande estímulo à produção de nozes, com muitos pomares novos a serem instalados com variedades testadas como as mais produtivas e de maior valor comercial na Península Ibérica. Os novos pomares ocupam grandes áreas nas regiões do Ribatejo, Alentejo e Beira Interior. Só no Ribatejo, a área total de novos pomares ronda os 330 hectares, distribuídos por cerca de uma dúzia de produtores, com a perspectiva de se atingirem os mil hectares num futuro próximo (Voz do Campo, 2020).

A Europa consome cerca de 400 mil toneladas de nozes por ano, mas produz apenas 115 mil, pelo que se conclui haver oportunidade de grande crescimento do setor em toda a península (Voz do Campo, 2020).

O crescente interesse nacional e internacional pela produção de noz, que também se tem traduzido no aumento da área de nogueiras em Portugal (Quadro 1), deve-se, concretamente, de acordo com Iannamico (2015), a algumas características particulares da produção e do consumo deste fruto:

1. Aumento sustentado do consumo, devido às propriedades que lhe conferem o estatuto de

- alimento saudável e funcional;
2. Aumento dos preços, com tendência para que o mercado continue em crescimento;
 3. Condições de clima e de solos favoráveis;
 4. Baixas necessidades de mão-de-obra, uma vez que as soluções de mecanização desenvolvidas têm autonomizado bastante a cultura;
 5. Conservação prolongada e de baixo custo, o que facilita a comercialização do produto;
 6. Conhecimento crescente sobre as características e potencialidades das diferentes cultivares;
 7. Aumento do uso de tecnologias de produção, de conservação e de melhoria da qualidade; e
 8. A possibilidade de obtenção de variados produtos industriais, tais como óleos e outros produtos transformados.

Está comprovado que para se produzir em quantidade e qualidade, a um nível concorrencial, as práticas de condução da cultura terão, forçosamente, de acompanhar o desenvolvimento tecnológico e o conhecimento sobre as condições edafoclimáticas exigidas pelas diferentes variedades e os porta-enxertos mais adequados a cada situação.

Quadro1. Evolução da área ocupada por nogueiras e produção nacional de noz (INE, 2019).

	2016	2017	2018
Superfície ocupada (ha)	3 315	3 537	3 851
Produção nacional (t)	4 315	4 585	4 750

Atualmente, as tecnologias de produção têm de assegurar uma produção sustentável, de modo a obter um produto de qualidade, capaz de competir nos mercados mais exigentes em qualidade. Neste manual referem-se alguns dos principais aspetos a ter em conta para assegurar o melhor estado de nutrição das nogueiras, respeitando os princípios da conservação e melhoria da fertilidade dos solos e da otimização dos fatores de produção, como a água, corretivos e fertilizantes. Pretende-se, assim, que constitua um guião de boas práticas de fertilização dos solos nos pomares de nogueiras, que resultem no melhor conforto nutricional das plantas e num produto final de superior qualidade.

3.2 Condições edafoclimáticas e cuidados na instalação

Não sendo uma cultura particularmente exigente nas condições edafoclimáticas há, no entanto, aspetos particulares que poderão condicionar bastante o seu melhor desenvolvimento e a sua produtividade (Almeida, 2017):

1. Geadas tardias e seca excessiva, uma vez que as flores são muito sensíveis à geada e a planta é pouco tolerante à seca;
2. Solos pouco profundos e/ou mal drenados; e
3. Rega desadequada, devendo o fornecimento de água ser conduzido de modo que o solo se mantenha húmido, mas nunca saturado, sendo bastante adequada a rega gota a gota ou a microaspersão.

3.2.1 Clima

As noqueiras desenvolvem-se melhor em clima mediterrânico com cerca de 600 a 800 horas de temperatura entre 0 °C e 10 °C no inverno, um período livre de geadas durante a floração e temperaturas inferiores a 38 °C durante o verão. A maioria dos pomares de noqueiras está localizada em áreas que têm um clima próximo do mediterrânico (Adem, 2009).

Apesar do porta-enxerto *Juglans regia* L. estar bem adaptado a climas moderados e temperados, tem pouca tolerância às temperaturas muito baixas de inverno. As geadas do início do outono ou geadas severas de inverno podem matar muitos dos ramos e resultar em danos substanciais e irreversíveis. A estrutura das árvores jovens pode, assim, ser severamente danificada, se os novos lançamentos não vingarem com as baixas temperaturas. As geadas tardias da Primavera podem reduzir a frutificação, danificando flores ou nozes jovens.

No geral, as noqueiras não toleram temperaturas extremas, nem muito baixas nem muito altas, e também não suportam ventos muito fortes. Ainda que existam diferenças significativas entre variedade, em termos de tolerância, temperaturas demasiado altas no verão danificam o fruto e podem reduzir a produção de nozes (períodos prolongados com temperaturas entre 38 °C e 42 °C podem já ser muito limitantes à produção). A maioria das variedades é também sensível a temperaturas extremamente baixas no inverno havendo, no entanto, algumas que podem suportar temperaturas médias de até -10 °C durante o período de dormência sem sofrer danos graves.

Cada variedade de noqueiras tem necessidades específicas em horas de frio (horas acumuladas de exposição a temperaturas inferiores a 7 °C) para quebrar a dormência dos botões. Em geral, as horas de frio necessárias variam de 450 a 1500 horas mas, para a maioria das variedades, variam entre as 700 e as 1000 horas. Se essas necessidades em frio não forem satisfeitas, haverá um atraso na formação dos botões florais, o que resultará em menor produção.

É aconselhável realizar plantações em locais que tenham cortinas de proteção. Também uma boa disposição das linhas permitirá escoar mais facilmente as correntes de ar frio (mais densas) para as cotas inferiores, reduzindo o seu tempo de permanência nas partes cultivadas (Iannamico, 2015).

Quase se pode dizer que há variedades para todos os tipos de clima do território Nacional. As variedades Tulare, Lara e Chandler adaptam-se com alguma reserva, sendo a Fernor, a Fernette e a Franquette as mais bem adaptadas a invernos frios, prolongados e com geadas tardias, porque são árvores em que a floração ocorre mais para o fim do mês de abril. Tendo esta vantagem, têm como inconveniente o facto de a maturação dos frutos ser apenas em fins de outubro ou princípios de novembro, surgindo no mercado já um pouco tarde. As variedades Serr, Hartley, Howard, e também Tulare, Lara e Chandler estão mais bem adaptadas ao clima do Alentejo, com a vantagem da colheita coincidir com o início do mercado das nozes que decorre no último quadrimestre do ano.

Em suma, a noqueira precisa de temperaturas baixas no inverno, que assegurem o período de dormência, mas não é tolerante a geadas severas ou duradouras e bem menos às geadas tardias de primavera.

3.2.2 Solos

As noqueiras adaptam-se à generalidade dos solos, desde texturas mais ligeiras (arenosos e franco-arenosos) a texturas pesadas (franco-argilosos a argilosos), sendo condição essencial uma boa profundidade, boa drenagem, pH neutro a ligeiramente ácido e elevada fertilidade. Os principais condicionalismos ao cultivo derivam das propriedades físicas dos solos que devem ter boa estrutura, o que lhes confere boa drenagem, mas também uma boa capacidade de armazenamento de água, ou seja, solos que se mantêm em conforto hídrico por um intervalo de tempo alargado.

As necessidades em rega das noqueiras surgem a partir do final da primavera e mantêm-se durante todo o verão, sendo necessárias dotações, frequências e sistemas de rega adequados ao solo onde estão plantadas e ao seu tamanho. Quando a produção é para comercialização, e de modo que possam produzir no seu potencial ótimo, não poderão ser conduzidas em sequeiro. As necessidades médias em água fornecida através de sistemas de rega localizada (gota-a-gota ou microaspersão) correspondem a dotações de rega anuais que variam entre 595 mm na região Litoral Norte e Centro, a 740 mm no Interior Norte e Centro e 880 mm no Ribatejo, Alentejo e Algarve (DGADR, 2018).

A par da falta de água, o encharcamento prolongado do solo é das maiores restrições à boa adaptação das noqueiras, pelo que antes da plantação se recomenda uma mobilização profunda para rasgar o perfil de solo com um chisel, ripper ou subsolador, assegurando o desejável arejamento e facilitando a progressão das primeiras raízes. Não é, pois, recomendável a instalação de pomares em solos pouco profundos ou com toalha freática acima de 1,5 m (Adem, 2009).

De acordo com Infoagro (2010), as parcelas ideais para a instalação de um pomar de noqueiras deverão apresentar solo arável profundo e fértil, podendo ser ligeiro (arenoso) mas rico em matéria orgânica, ou mais pesado (argiloso), mas sempre com boa drenagem. Devem evitar-se declives acentuados, cumes, solos pedregosos e com excesso em argila. Relativamente a portaenxertos, *Juglans nigra* L. adapta-se melhor a solos ácidos, enquanto *Juglans regia* L. está mais bem adaptado a solos alcalinos.

Nos primeiros quatro anos de produção é recomendável efetuar mobilizações do terreno para favorecer o enraizamento e, simultaneamente, controlar as infestantes. Após este período, recomenda-se o controle de infestantes nas linhas deixando o enrelvamento espontâneo nas entrelinhas, controlado por corte com máquinas apropriadas, associado à deposição no próprio local da biomassa gerada, juntamente com os ramos mais finos das podas, porque constituem boa fonte de nutrientes e de matéria orgânica (Adem, 2009).

3.2.3 Época de plantação

A plantação das noqueiras efetua-se durante o período de repouso vegetativo, desde o fim do mês de novembro até ao mês de março.

Quando efetuada nos meses de novembro/dezembro, tem a vantagem de as plantas ainda desenvolverem algumas raízes novas, o que favorece o crescimento no primeiro ano e reduz o número de falhas por pegamento, assim como favorece as cicatrizações dos cortes feitos nas

raízes aquando da plantação.

A fertilização à plantação deverá ser assegurada, preferencialmente, por matérias fertilizantes orgânicas, potenciando-se desse modo a micorrização e os processos simbióticos que favorecem bastante o crescimento das plantas.

Alguns dos cuidados particulares a observar na instalação da cultura e que podem favorecer bastante um avanço no desenvolvimento inicial das plantas, são:

1. Fazer uma ligeira poda radicular e colocar a planta na cova já aberta;
2. Distribuir cuidadosamente as raízes;
3. No caso de adubação à cova, evitar o contacto direto, quer com os adubos, quer com os corretivos orgânicos;
4. Deixar o ponto de enxertia acima do nível do terreno, numa ligeira elevação; e
5. Em solos mais delgados ou com impermes de argila, plantar em camalhões sobrelevados que assegurem uma boa drenagem e um bom desenvolvimento radicular inicial.

As plantas devem ser instaladas na Primavera, em covas com o dobro de diâmetro das raízes e fundas apenas o suficiente para enterrá-las. Para melhores resultados, preenche-se a cova com uma parte de composto para cada três partes de solo natural, aconchega-se o solo ao colo da planta e rega-se bem. As raízes são muito sensíveis à desidratação.

Quanto à condução das árvores, é necessário realizar a poda de formação e ir eliminando os ramos mais velhos e em mau estado, sendo mais comum a poda em vaso, por ser mais simples. Posteriormente, para se assegurar boa produção, realiza-se a poda de frutificação.

Prevendo o normal desenvolvimento das árvores, os compassos devem variar de acordo com a conformação da copa das diferentes variedades e a forma de condução. Se conduzidas em eixo vertical, os compassos poderão ser mais apertados, de 7m×4m, 7m×5m ou 8m×4m. Se forem conduzidas para copas em vaso, os espaçamentos terão de ser maiores: 8m×7m, 8m×8m ou um máximo de 10m×10m para acomodar devidamente o crescimento das árvores (Iannamico, 2015).

3.3 Necessidade em nutrientes

Na instalação do pomar, as adubações de fundo, e posteriores adubações de cobertura complementares, deverão ser feitas para suprir as necessidades antecipadas em nutrientes dos primeiros estágios de desenvolvimento, até se entrar em fase de produção (Adem, 2009).

A partir do momento em que o pomar entra em produção, a monitorização do estado nutricional da planta deverá ser feita através de análises foliares, complementadas com análises de solo.

Sempre que haja a necessidade de corrigir a acidez do solo, porque a faixa de pH confortável é solo neutro a ligeiramente ácido, deverá ser aplicado o calcário dolomítico, uma vez que é mais rico em magnésio (Mg), um dos macronutrientes secundários utilizado em maior quantidade pela noqueira.

Não é recomendado aplicar azoto mineral em adubação de fundo à instalação, devendo antes ser aplicado ao solo anualmente, como adubação de cobertura nas plantas jovens, desde a plantação à produção, em pequenas quantidades à volta das árvores, entre 10 e 15 kg por hectare (LQARS, 2006), devendo ser seguido de rega ou aplicado em fertirrega.

Na instalação, as quantidades dos macronutrientes fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O) recomendadas dependem do nível de fertilidade do solo nesses nutrientes, que se pode definir de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2. Classificação dos níveis de fertilidade do solo em P_2O_5 e K_2O (LQARS, 2006).

Nível de fertilidade do solo em P_2O_5 e K_2O	Teor de P_2O_5 ou K_2O no solo (mg/kg, ppm)	Classificação
1	0-25	Muito baixo
2	25-50	Baixo
3	50-100	Médio
4	100-200	Alto
5	>200	Muito alto

De acordo com o nível da classe de fertilidade do solo, para um nível de produção expectável de nozes de 4 t a 5 t/ha, as quantidades de fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O) e magnésio (Mg) a aplicar à instalação do pomar de nogueiras são as apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3. Quantidades de macronutrientes principais fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O) e magnésio (Mg) a aplicar na plantação de um pomar de nogueiras (em kg/ha), para uma produção de 4-5 t/ha, em função dos níveis de fertilidade do solo (LQARS, 2006).

Níveis de fertilidade	1	2	3	4	5
P_2O_5	200	150	100	50	0
K_2O	300	225	150	50	0
Mg	60	45	30	0	0

Outra abordagem é proposta pela Infoagro (2010) que recomenda aplicar a adubação de fundo em solos pobres em P_2O_5 e K_2O de acordo com o Quadro 4.

Quadro 4. Valores médios de referência para a fertilização de fundo da nogueira com P_2O_5 , K_2O e corretivo orgânico em solos de baixa fertilidade (Infoagro, 2010).

Nutriente ou corretivo	Quantidades a aplicar em adubação de fundo
Fósforo (P_2O_5)	200 – 250 kg/ha
Potássio (K_2O)	300 – 350 kg/ha
Estrume bem curtido	40 – 60 – t/ha

Deve-se ter em atenção que a baixa capacidade de troca catiónica (CTC) esperada em solos ligeiros (arenosos e franco arenosos) dificulta a adsorção eficaz do potássio aplicado com a adubação. Deste modo, em solos ligeiros não se deve aplicar mais do que 130 kg K₂O/ha à plantação, sendo que, para reduzir o risco de perda de potássio por lixiviação, nas situações em que as quantidades recomendadas sejam superiores a 130 kg/ha, deve aplicar-se a quantidade excedente em cobertura, após a plantação (LQARS, 2006).

No caso do fósforo, são os teores em cálcio do solo que poderão constituir fator limitante porque, facilmente, ocorrem formas insolúveis deste elemento, precipitando-o no solo, o que significa ficar indisponível para absorção imediata pelas plantas. Este aspeto pode exigir um reforço da fertilização em fósforo, adequando-a aos teores de cálcio do solo (LQARS, 2006).

Quanto aos micronutrientes, a noqueira apresenta sensibilidade elevada à carência em ferro (Fe) e sensibilidade moderada às carências em zinco (Zn) e boro (B). No entanto, se as análises foliares demonstrarem carência de boro ou zinco, sendo a carência deste último elemento mais comum nesta espécie, estes micronutrientes poderão ser aplicados no solo ou pulverizados na parte aérea, mediante 2 a 3 aplicações antes da floração no caso do boro, ou logo que as folhas estejam completamente desenvolvidas, no caso do zinco (LQARS, 2006).

O Quadro 5 apresenta os intervalos de teores em macro e micronutrientes nas análises foliares de noqueiras em situação de conforto para cada um desses nutrientes e com produções médias esperadas normais.

Quadro 5 – Teores de referência dos macro e micronutrientes nas folhas de noqueiras em estado nutricional confortável [adaptado de LQARS (2006) e Infoagro (2010)].

Macronutrientes (%)						Micronutrientes (ppm)					
N	P	K	Mg	Ca	S	Mn	B	Zn	Cu	Fe	Mo
2,5	0,12	1,2	0,3	1,25	1,70	>30	>35	>20	4a	75	0,7
a	a	a	a	a	a				20	a	a
3,25	0,3	3,0	1,0	2,5	400					155	1,0

As aplicações foliares de cobre, zinco e boro são feitas após a colheita. Deve-se ter atenção com as altas concentrações de sódio (Na), cloro (Cl) e boro (B) porque a noqueira é muito sensível a elevadas concentrações destes elementos em fertilizações foliares.

Depois de iniciada a produção, a monitorização do estado nutricional deverá ser feita por observação visual ainda que, por vezes, se possam confundir os sintomas com alguma doença biótica (Figura 3.1). Com maior rigor, esse controlo deverá fazer-se através de análises foliares anuais, na época adequada e de acordo com as seguintes normas de colheita das folhas (LQARS, 2006):

A meio da estação de crescimento, entre julho e agosto, retirar folhas de 15 árvores para fazer a amostra. Colhe-se o par de folíolos da parte central da folha de lançamentos do ano, inseridos à mesma altura da copa, colhidos em 4 folhas por árvore, segundo os quatro pontos cardeais.

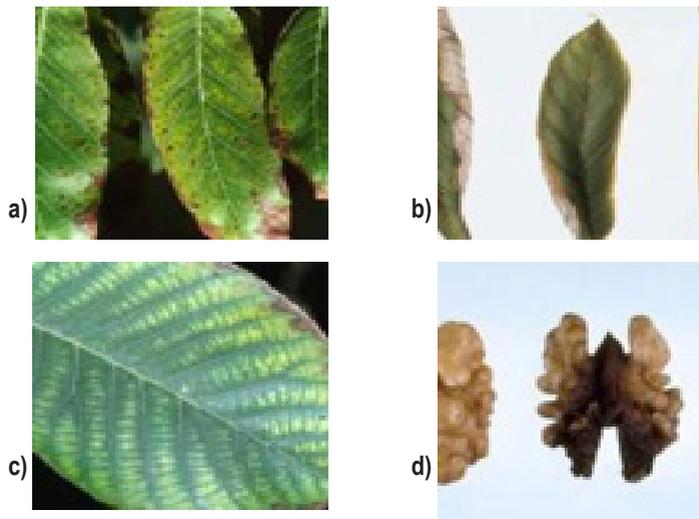


Figura 3.1 – Manifestação de toxicidade em boro (a), deficiência em potássio (b), deficiência em zinco (c) e deficiência em potássio na noz (d). (UC Davis, <http://fruitandnuteducation.ucdavis.edu/fruitnutproduction/Walnut/>)

Não havendo o risco de as análises foliares demonstrarem excesso de nutrientes, uma vez que a noqueira não realiza consumos de luxo desses nutrientes, os níveis determinados nas folhas permitem classificar a satisfação no respetivo nutriente em 3 níveis: insuficiente, suficiente ou elevado. De acordo com essa classificação, as quantidades de nutrientes a aplicar ao solo, em kg/ha, são os indicados no Quadro 6. Se o nível de nutrientes nas folhas for elevado, não haverá lugar à aplicação dos respetivos nutrientes porque encontrar-se-ão em teores confortáveis no solo.

Quadro 6 – Quantidades (kg/ha/ano) de macronutrientes (N, P_2O_5 , K_2O e Mg) recomendadas para aplicação no solo de pomares em produção, em função dos resultados anuais da análise foliar (LQARS, 2006).

Nutrientes	Quantidades a aplicar segundo os níveis de satisfação em nutrientes verificados na análise foliar (kg/ha/ano)		
	Insuficiente	Suficiente	Elevado
N - azoto	100-150	50-75	---
P_2O_5 - fósforo	40-80	20-40	---
K_2O - potássio	100-150	50-75	---
Mg - magnésio	30-45	15-25	---

Noutra abordagem, sem diferenciar os níveis de satisfação das plantas em nutrientes, Iannamico (2015) considera as necessidades apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 – Necessidade média de nutrientes a aplicar ao solo para nogueiras em produção (Iannamico, 2015).

Nutrientes	Quantidades a aplicar (kg/ha)
N - azoto	60 (+20 por cada tonelada de nozes secas)
P ₂ O ₅ - fósforo	40 a 60
K ₂ O - potássio	80 a 100
Mg - magnésio	20 a 40
Ca - cálcio	20 a 30

Como se observa, as quantidades a aplicar por hectare apresentam intervalos de valores ligeiramente acima dos valores a aplicar indicados para o nível “Suficiente” do Quadro 6, mas inferiores às necessidades previstas quando os teores das análises foliares são classificados no nível “Insuficiente”.

Refira-se que é de todo conveniente que o diagnóstico através dos resultados das análises foliares anuais seja complementado com análises de amostras de solo, retiradas com a mesma frequência e na mesma altura das análises foliares, ou respeitando uma frequência mínima de 4 anos.

3.4 Gestão da fertilidade do solo e da fertilização da nogueira

Tal como referido anteriormente, apesar de a nogueira se adaptar bem a uma diversidade alargada de texturas de solo, os níveis de produtividade serão muito diferenciados de acordo com a maior ou menor proximidade das condições ideais. Sabendo-se quais são as condições ideais de solo para se poderem atingir as máximas produções potenciais das diferentes variedades, o solo deverá ser trabalhado e corrigido para ir ao encontro das mesmas, tanto quanto seja técnica e economicamente viável.

Sendo condição obrigatória serem solos bem drenados, uma vez que é uma cultura muito sensível ao encharcamento prolongado, em geral todas as variedades estão confortáveis em solos profundos, podendo ser mais ligeiros ou mais pesados, que apresentem um teor de calcário ativo inferior a 5% e um pH entre 6,0 e 7,5.

Deste modo, é expectável que, em grande parte dos solos, a instalação da cultura exija uma mobilização profunda, para rompimento de eventuais impermes, abrindo caminhos preferenciais para o desenvolvimento da raiz. No entanto, é boa prática não fazer o reviramento do solo (CBPA, 2018) para que se mantenha à superfície a camada mais rica em matéria orgânica e biologicamente mais ativa e diversa. Por norma, essa camada superficial de solo está melhor agregada, o que facilita a infiltração da água e a posterior distribuição em volume no interior do solo.

À instalação do pomar, se o solo for pobre em matéria orgânica (teores inferiores a 2%), é recomendável aplicar cerca de 30 t por hectare (em matéria seca) de estrume bem curtido, ou o equivalente com outro corretivo orgânico. Após a plantação, continua a ser uma prática

recomendável para a melhoria da fertilidade global do solo e para a manutenção de boa agregação, a aplicação anual de até 10 t (em matéria seca) de corretivo orgânico por hectare (Santos, 2012, 2014).

Independentemente dos teores iniciais de matéria orgânica, constitui sempre boa prática a utilização de corretivos orgânicos, pelo menos para a reposição da matéria orgânica do solo mineralizada durante o ano (CBPA, 2018), garantindo-se no mínimo um balanço húmico nulo. Tal aspeto é primordial para a manutenção dos organismos do solo, essenciais na ciclagem dos nutrientes e nos processos simbióticos que aumentam a eficiência de utilização dos mesmos, bem como para a manutenção de uma boa agregação e arejamento do solo.

Quando for necessário recorrer à correção do pH em solos ácidos, deve-se dar preferência ao uso de calcário dolomítico por ser mais rico em magnésio, um dos nutrientes mais importantes para a noqueira. Além de ser uma excelente fonte de cálcio e magnésio, o calcário favorece a agregação do solo, constituindo-se sempre uma boa prática a aplicação de 1 a 1,5 toneladas por hectare de calcário a cada 5 anos (Santos, 2012, 2014) para assegurar, pelo menos, a reposição das necessidades em cálcio e magnésio.

A correção orgânica e do pH terão de ser feitas antes da plantação para que a árvore jovem possa ter o melhor aproveitamento dos nutrientes resultantes da mineralização atempada da matéria orgânica.

Concretizando-se particularmente para a gestão da fertilização em pomares de noqueiras, referem-se de seguida, por cada macronutriente, as épocas, as quantidades e as práticas de aplicação que poderão ser tomadas como referências médias para a generalidade das condições edafoclimáticas.

3.4.1 Azoto

Apesar de os outros macronutrientes principais se adicionarem logo na adubação de fundo, o azoto é geralmente o único nutriente que pode ser necessário e ser efetivamente usado no primeiro ano (Sibbett et al., 1998). Em todo o caso, se os solos forem férteis, a fertilização azotada pode ser reduzida ou mesmo dispensada durante o primeiro e o segundo ano. Quando necessário, as taxas de aplicação de azoto são mais baixas em árvores jovens, em solos férteis e quando o N é aplicado através de sistemas de rega localizada. Em geral, não é recomendada a aplicação de fertilizante azotado ou de composto orgânico logo na cova de plantação (Anderson et al., 2006).

Num solo de elevada fertilidade, a aplicação de adubos compostos ternários (N, P, K) e diferentes micronutrientes na cova de plantação ou misturados no solo que irá preencher as covas, demonstra um efeito muito reduzido no crescimento das árvores e nos níveis de nutrientes foliares durante o primeiro ano (Sibbet, 1993; Olson et al., 1996). No entanto, como o P e K são pouco móveis em solos francos a pesados, não há o risco de se perderem por lixiviação, podendo optar-se por adicioná-los logo à plantação.

O azoto deverá ser aplicado a árvores jovens em produção desde meados da primavera até ao início do verão. As aplicações tardias (após agosto) devem ser evitadas para que não ocorram vingamentos tardios, porque são mais suscetíveis à queima por geadas no inverno (Anderson et al., 2006; Krueger, 2008). Como nessa altura as taxas de absorção já são menores, porque as

folhas estão em senescência, há também maior risco de acumulação de N em excesso no solo, sujeito a posterior lixiviação durante o inverno. Os fertilizantes azotados devem ser aplicados em cobertura, a lanço ou preferencialmente com a água de rega porque fica assegurada a humidade necessária para que o elemento seja eficientemente absorvido pela planta. Devem evitar-se aplicações muito próximas do tronco da planta (Krueger, 2008).

Uma tonelada de noz com casca, exporta cerca de 18 kg de N. Estima-se que cerca de 20% do N está contido nas folhas que acabam por cair e na biomassa resultante das podas realizadas, reincorporando este nutriente no solo (Weinbaum et al., 1991). É também boa prática manter a estilha deste material no terreno, como cobertura, para reincorporação de nutrientes, algum controlo de infestantes, regulação térmica e redução da evapotranspiração. O N armazenado nas partes lenhosas da árvore aumenta aproximadamente 17 kg/ha ao ano. Estes valores de referência resultam de estudos com a variedade 'Hartley', onde foi monitorizado o N armazenado nos ramos, raízes e troncos de árvores dormentes com 16 anos (Weinbaum et al., 1991; Weinbaum e Kessel, 1998).

A necessidade em fertilizantes azotados depende, assim, do nível de produção, da natureza dos fertilizantes utilizados, de outras fontes de azoto disponíveis e da eficiência com que o azoto é removido do solo pelas árvores (Quadro 8).

Quadro 8 – Valores de referência que comparam a eficiência de uso do N do solo quando fracionado em adubação de cobertura: adubo sólido aplicado a lanço ou solúvel aplicado com a água de rega (Fertirrega) (Kelley e Grant, 2007; Anderson, et al., 2006; Weinbaum et al., 1991).

Produção (t/ha)	N removido do solo (kg/ha)	Necessidades em fertilizante N (kg/ha)	
		a lanço, em cobertura	fertirrega, em cobertura
2,5	54	96	76
4,0	81	145	113
5,0	108	192	151
6,5	135	240	190

Não é raro a água de rega poder veicular quantidades significativas de N, especialmente em parcelas localizadas nas zonas vulneráveis à lixiviação com nitratos. Outras fontes de N são as provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo e as que podem ser fixadas simbioticamente ou livremente pelos cobertos vegetais.

Os fertilizantes sólidos ou soluções líquidas deverão ser aplicados de forma localizada, ao longo da linha de cultura, e não espalhados por toda a área. O adubo que seja aplicado na entrelinha será menos eficientemente utilizado pela cultura de interesse económico devido à competição com infestantes ou com culturas de cobertura e, também, porque há menor densidade radicular na entrelinha, quando comparada com a que existe na linha das árvores (Niederholzer, 2012).

Os fertilizantes amídicos (com ureia) e/ou amoniacais aplicados superficialmente, deverão ser incorporados no solo o mais rapidamente possível para minimizar as perdas por volatilização do amoníaco (Doll, 2010; Niederholzer, 2011).

Durante o inverno a absorção de azoto é insignificante, mantendo-se baixa até ao início da primavera (Richardson e Meyer, 1990), uma vez que mais de metade do N necessário para as novas folhas e floração é proveniente do que está armazenado nos tecidos perenes (Serr, 1961a). A absorção de N é assim maior entre o início do crescimento dos gomos florais e as últimas fases de enchimento das nozes, o que corresponde aproximadamente ao período entre o início de abril e o fim de julho ou princípio de agosto (Anderson et al., 2006). Coincidindo com o período da necessidade de se realizarem regas, dever-se-á tirar o melhor partido da fertirrega, que é a forma mais eficiente de aplicar o N em pequenas quantidades. Esta prática, além de demonstrar ser muito benéfica para a saúde das árvores, também reduz as perdas de N do solo (deBuse, 2008).

Cerca de 60% das necessidades anuais em N são satisfeitas a partir do N armazenado nos tecidos vegetais e que é redistribuído a partir das partes lenhosas das árvores (Weinbaum e Kessel, 1998). Por este motivo, o momento oportuno para aplicação do N no solo pode não ser tão crucial como para as culturas anuais, desde que o fertilizante seja aplicado durante um período de absorção ativa. No entanto, o N não deve ser aplicado após o fim de junho ou em princípios de julho para estar garantida a disponibilidade do elemento antes do enchimento das nozes estar completo (Anderson et al., 2006). Para assegurar o conforto em N no período de maior absorção, estes autores recomendam a aplicação de metade a dois terços do N na primavera e, o restante, durante o Verão. Richardson e Meyer (1990) não encontraram diferença estatisticamente significativa no rendimento quando o N foi dividido em duas aplicações, uma em março e outra em agosto, ou numa única aplicação em março ou em agosto.

As culturas de cobertura são benéficas e, até mesmo, necessárias em muitos casos. As culturas de cobertura tendem a reduzir a erosão do solo durante as chuvas ou tempestades com vento, mas também melhoram a estabilidade do pomar e o arejamento do solo, sendo que algumas delas também fixam azoto atmosférico. Finalmente, funcionam como um regulador térmico, reduzindo amplitudes térmicas e taxas de evaporação direta do solo (van Sambeek, 2017).

A mostarda, por exemplo, é considerada um coberto favorável nas plantações de nozes porque além de fixar com muita eficiência o azoto da atmosfera, atua como biofumigante enquanto instalada no solo, podendo ajudar no controle de alguns patógenos e nemátodos presentes na rizosfera. É uma propriedade comum a outras brássicas tais como colza e rabanetes (van Sambeek, 2017).

Ainda não é de todo consensual, mas as culturas de cobertura de uma única espécie indicam produzir mais biomassa por unidade de área do que uma mistura de espécies. No entanto, alguns resultados de estudos com mais de dois anos, sugerem que as misturas multi-espécies proporcionam uma gama mais ampla de benefícios (Finney e Kay, 2016). Os resultados têm sugerido que misturas de até oito espécies poderão produzir mudanças mais rápidas na qualidade e resiliência do solo, trazendo mais benefícios do que a utilização de uma única espécie (van Sambeek, 2017).

3.4.2 Fósforo

Também em nogueiras, a aplicação de fertilizante fosfatado em adubação de fundo, demonstra

ser mais eficaz do que a distribuição à superfície do solo, sendo que, para assegurar maior eficiência na posterior absorção do fósforo (P), essa aplicação de fundo deve ser feita com algum afastamento da futura linha de maior densidade de raízes, através de abertura de sulcos em ambos os lados da linha, com cerca de 15 cm de profundidade, na faixa de solo humedecida pela rega (Serr, 1960; Serr, 1961a).

As taxas de aplicação terão de ser ajustadas aos sintomas de deficiência em P, os quais se devem a uma menor disponibilidade do P por haver condições propícias à sua rápida insolubilização (ficando precipitado no solo sem poder ser absorvido pelas plantas na altura oportuna), ou pela própria idade da planta.

Nos solos cujas características possam levar a uma maior insolubilização do P, as doses terão de ser reforçadas, contando com os típicos coeficientes de utilização do P para os respetivos solos. Alguns dos valores de referência a aplicar em solos de pouca disponibilidade do P são, cerca de 5 kg de P_2O_5 por árvore jovem, com 2 a 10 anos de idade. Considerando um coeficiente de utilização do P igual a 20%, aquela quantidade corresponde à reposição de aproximadamente 200 kg P_2O_5 /ha (equivalente a 5×200 árvores $\times 0,2$), valor que está de acordo com o anteriormente apresentado nas Tabelas 3 e 4 para solos pobres em P. Nas árvores adultas, as necessidades de reposição são cerca de 10-20 kg por cada árvore (Serr, 1961b).

As aplicações a lanço, à superfície do solo, não são nada eficazes para o aproveitamento do P pela planta e são, de todo, desaconselhadas, especialmente em solos que precipitam facilmente o fósforo (Serr, 1960). Também aumenta em muito o seu arrastamento com o solo em processos erosivos, eutrofizando massas de água superficiais a jusante. As aplicações em adubação de fundo, mais localizadas ao nível da maior densidade radicular e na zona humedecida pela rega, mostram-se sempre mais eficazes (Serr, 1960; 1961a), uma vez que o P é um elemento muito pouco móvel no solo e o processo de absorção tem de concorrer com o processo de insolubilização.

Embora se deva dar preferência ao fósforo veiculado por fertilizantes e corretivos orgânicos, com menor risco de insolubilização e podendo aumentar a eficiência de uso do elemento, demonstrando a noqueira respostas muito positivas em solos com elevado teor em matéria orgânica, dentro dos fertilizantes sintéticos o adubo elementar superfosfato triplo demonstra grande eficácia na suplementação da fertilização fosfatada das noqueiras (Serr, 1960; 1961b). As fertilizações para suprir o P devem ser realizadas durante o período de menor atividade fisiológica, no outono ou no inverno (Serr, 1961b).

3.4.3 Potássio

Excetuando-se os solos pobres em potássio (K) tais como os arenosos, porque possuem baixa CTC, ou os que apresentam condições para a sua forte retenção na estrutura interlamelar de argilas pouco expansíveis, na maior parte das situações, as árvores novas não têm necessidades acrescidas em K (Sibbett et al., 1998).

Por cada tonelada de nozes produzidas com casca, a quantidade de K extraído é de aproximadamente 7 kg de K_2O . As cascas contêm muito K, devendo retornar ao solo para repor grande parte do que é extraído, uma vez que uma tonelada de cascas corresponde a cerca de 1823 kg de K_2O .

As correções feitas com os fertilizantes potássicos deverão restituir o K que é exportado na colheita, mantendo os mesmos níveis e disponibilidade de K no solo ao longo dos anos. São necessárias taxas de aplicação mais elevadas quando as árvores apresentam sintomas de deficiência ou quando os resultados da análise foliar o indicam. São recomendadas aplicações anuais de cerca de 270 kg K_2O /ha para situações em que as árvores demonstrem forte deficiência em K, por norma cultivadas em solos arenosos (Olson et al., 1990; Olson, 1995). Em solos mais pesados, como os argilosos ou limosos, poderão ser necessárias aplicações de até 100 kg K_2O /ha para assegurar o pleno conforto em K (Olson et al., 1989; Brown e Uriu, 1998).

No entanto, deve-se ter em atenção que a fertilização com K em árvores de grande carência no elemento, poderá não demonstrar qualquer efeito até à segunda estação após a aplicação (Olson et al., 1985; Grant, 1992; Olson, 1995) ou até à segunda aplicação de K.

À semelhança do P, os adubos potássicos podem ser aplicados em sulcos laterais à linha de plantação, de ambos os lados, com cerca de 15 cm de profundidade, ou totalmente fornecido com a água de rega (Brown e Uriu, 1998).

A aplicação em adubação de fundo demonstra maior eficiência na utilização do elemento do que a distribuição superficial a lanço ou até mesmo algumas situações de aplicação através de sistemas de rega por aspersão (Olson et al., 1989; Olson et al., 1990). É recomendada a aplicação em fertirrega, mas com sistemas de rega localizada (gota-a-gota ou microaspersão) porque, tratando-se de um elemento facilmente solúvel e sem grande risco de insolubilização no solo, a garantia do conforto hídrico facilita posteriormente a aproximação do elemento às raízes por difusão, podendo aumentar consideravelmente a eficiência de aproveitamento do K pela planta. Ao mesmo tempo, a fertirrega permite mais facilmente o fracionamento das doses a aplicar em cobertura, precavendo eventual saturação do complexo de troca do solo com o K, o que poderia aumentar o risco de lixiviação do elemento no interior do solo.

As reposições de potássio podem ser feitas através de nitrato de potássio (KNO_3) ou sulfato de potássio (K_2SO_4), com a vantagem de ambos fornecerem dois macronutrientes (K e N ou K e S) ou ainda através do cloreto de potássio (KCl), sendo que este último é desaconselhado nas situações de grande deficiência em K porque as grandes doses necessárias deixariam elevadas concentrações de cloreto nas folhas e na zona radicular (Brown e Uriu, 1998). Também não é recomendada a aplicação de KCl em solos que contenham horizontes árgicos (de acumulação de argila) ou com lençóis freáticos elevados, pois não permitem uma lixiviação adequada do anião Cl para fora da zona radicular (Covert e Connell, 2010), correndo-se o risco de haver grandes concentrações de cloretos a afetar as raízes.

As aplicações no solo são geralmente feitas no outono para permitir que as chuvas de inverno movam o K para mais próximo da zona radicular (Covert e Connell, 2010). Quando se utiliza KCl, a aplicação do adubo no outono irá permitir que as chuvas de inverno lixivem os iões de cloreto, que se deslocam muito mais livremente no solo do que os iões K, evitando a possível acumulação de cloretos na zona radicular (Grant, 1992).

Com exceção dos solos muito arenosos ou outros solos que tenham baixa CTC, o K não é lixiviado para fora da zona radicular. É, portanto, possível aplicar uma dose maior de adubos potássicos em adubação de fundo a cada três ou cinco anos, em vez de aplicações anuais mais pequenas e frequentes (Covert e Connell, 2010).

Embora nem sempre sejam evidentes os efeitos das aplicações foliares de K e não haver

ainda estudos exaustivos para comprovar se as vantagens apontadas são efetivas, e em que condições poderão ser relevantes para a produção de nozes, há autores que defendem poderem ser bastante benéficas as aplicações foliares (Covert e Connell, 2010) quando as correções feitas ao solo só venham a fazer efeito na segunda estação após a aplicação (Olson et al., 1985; Grant, 1992; Olson, 1995). Para as aplicações foliares é recomendado o nitrato de potássio (KNO₃).

O Quadro 9 reúne as necessidades de reposição dos três macronutrientes principais no solo através da aplicação de fertilizantes, de acordo com diferentes níveis de produção de nozes.

Quadro 9 – Necessidade de reposição dos macronutrientes no solo (em kg/ha/ano), de acordo com os níveis de produção (Adaptado de Muncharaz Pou, 2012).

Nutriente	Produção (t/ha)			
	3,5 – 4,5	4,5 – 5,5	5,5 – 6,5	6,5 – 7,5
Azoto (N)	120-140	140-160	160-180	180-200
Fósforo (P ₂ O ₅)	70-80	80-90	90-100	100-110
Potássio (K ₂ O)	120-140	140-160	160-180	180-200

Os valores apresentados no Quadro 9 são para solos francos (ou de textura média) e encontram-se dentro da mesma ordem de magnitude das referências anteriormente citadas.

3.5 Nota Final

O elevado potencial para a produção de noz deve-se ao fato da nogueira ser uma das espécies naturalmente mais bem adaptadas às diversas condições edafoclimáticas do país, aliado à tradição milenar do seu cultivo em território nacional e à adoção de novas técnicas e tecnologias de produção em áreas mais extensas e melhor gestão da fertilidade dos solos.

Apesar das nogueiras serem ancestrais no território nacional, a fácil disponibilidade de água e demais inovações tecnológicas é que vieram permitir elevados rendimentos com a produção de nozes, mesmo em regiões onde não havia grande tradição na sua produção, elevando-a à categoria de uma das culturas atualmente emergentes em Portugal.

Este manual reúne a informação de base essencial para a condução das melhores práticas de gestão da fertilidade dos solos quando da instalação e posterior manutenção de pomares de nogueiras porque, não sendo uma cultura particularmente exigente em nutrientes, as nogueiras precisam de boas condições de estrutura e agregação do solo conferidas por um bom teor em matéria orgânica, de solos profundos com boa capacidade de armazenamento para a água, devendo ser também arejados e bem drenados. No entanto, para a obtenção dos melhores resultados é primordial a escolha das variedades mais bem adaptadas ao conjunto das condições edafoclimáticas locais.

Referências

- Adem, H.H. 2009. Best practice management for establishing a walnut orchard. Department of Primary Industries, Tatura – Vitoria, Austrália, 34 pp.
- AJAP 2017. Manual de Boas Práticas para Culturas Emergentes. A Cultura da Noz. Edição AJAP, 44 pp.
- Almeida, C. 2017. Nogueira: Estado da produção. Manual Técnico. Edições CNCFS, 69 pp.
- Amaral, J.S., Casal, S., Pereira, J.A., Seabra, R.M., Oliveira, B.P.P. 2003. Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidation stability, and nutritional value of six walnuts (*Juglans regia* L.) grown in Portugal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(26):7698-7702.
- Anderson, K.K., Grant, J., Weinbaum, S.A., Pettygrove, S. 2006. Guide to efficient nitrogen fertilizer use in walnut orchards. University of California, Agriculture and Natural Resources. Publication 21623.
- Brown, P.H., Uriu, K. 1998. Nutritional deficiencies and toxicities in walnut: Diagnosis and correcting imbalances. In: Ramos, D.E. (Ed.) *Walnut Production Manual*. University of California Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3373. pp. 187-196.
- CBPA 2018. Código de Boas Práticas Agrícolas. Diário da República, 2.^a série — N.º 25 — 5 de fevereiro de 2018, MADRP.
- Covert, M., Connell, J.H. 2010. Potassium deficiency in walnuts. University of California Cooperative Extension Tehama County. *Fruit and Nuts Notes*, September, 2010, 10-11.
- deBuse, C. 2008. Spring Fertilization for Walnuts. University of California Cooperative Extension Tehama County. *Fruit and Nuts Notes*, April, 2008, 5.
- DGADR 2018. Dotações de referência para rega em Portugal Continental, Ação 7.5 – Uso eficiente da água. https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/recon_regantes/Quadro_geral.pdf (acedido a 13-jul-21)
- Doll, D. 2010. Tips for maximizing nitrogen use efficiency for almond. *The Almond Doctor News*. <https://thealmonddoctor.com/tips-for-maximizing-nitrogen-use-efficiency-for-almond/> (acedido a 27-jun-21).
- FAOSTAT 2016. Production of walnut with shell by countries: Browse data, World, 2013. UN Food and Agricultural Organization, Statistics Division (acedido a 30-jun-21).
- Finney, D.M., Kay, J.P. 2016. Functional diversity in cover crop polycultures increase multifunctionality of an agricultural system. *Journal of Applied Ecology* 54(2): 509-517.
- GPP 2007. Noz. <http://www.isa.utl.pt/files/pub/destaques/diagnosticos/Noz.pdf> (acedido a 28-jun-21).
- Grant, J.A. 1992. Comparison of chloride and sulphate salts as fertilizer sources of potassium for walnuts. The Walnut Marketing Board of California. *Walnut Research Reports* 1992, 284-287.

- Iannamico L. 2009. El cultivo del nogal en climas templados fríos. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 115 pp.
- Iannamico, L. 2015. Cultivo del nogal. Rio Negro, INTA, 7 pp.
- INE 2019. Estatísticas Agrícolas 2018, edição 2019. Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- Infoagro 2010. El cultivo de las nueces. <https://www.infoagro.com> (accedido a 29/jun/21).
- Kelley, K., Grant, J. (2007). Nitrogen budget for walnuts worksheet instructions.
- Krueger, B. 2008. Guidelines for care of young walnuts from planting through the first season. University of California Cooperative Extension Tehama County. Fruit and Nuts Notes, April, 2008, 4.
- Larrinaga, F. L. 2016. Novas plantações de nogueiras em Portugal. Comunicação da NogalTec, 91 pp.
- LQARS 2006. Manual de Fertilização das Culturas. 282 pp. INIAV, IP, Lisboa.
- Marketing Agrícola.pt 2017. Produção e comercialização de noz. <https://marketingagricola.pt/producao-e-comercializacao-de-noz/> (accedido a 29-jun-21).
- Muncharaz Pou, M. 2012. El Nogal. Técnicas de producción de fruto y madera. Ediciones Mundi-Prensa, 299 pp.
- Niederholzer, F. 2011. Using urea efficiently. The Almond Doctor News. <https://thealmonddoctor.com/using-urea-efficiently/> (accedido a 27-jun-21).
- Niederholzer, F. 2012. Nitrogen use efficiency in almonds. Sacramento Valley Almond News, April 2012.
- Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I.C.F.R., Bento, A., Estevinho, L., Pereira, J.A. 2008. Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) green husks. Food and Chemical Toxicology 46:2326–2331.
- Olson, B. 1995. Comparison of efficiency of potassium application methods to walnuts. The Walnut Marketing Board of California. Walnut Research Reports 1995, 319-334.
- Olson, B., Shawareb, N. 1996. Effects of pre-plant fertilizers applied in auger hole on the growth of Chandler cultivar walnuts. The Walnut Marketing Board of California. Walnut Research Reports 1996, 301-304.
- Olson, B., Schulbach, H., Uriu, K. 1985. Potassium chloride injection through sprinklers. The Walnut Marketing Board of California. Walnut Research Reports 1985, 233-234.
- Olson, B., Uriu, K., Pearson, J. 1989. Comparison of efficiency of potassium application methods to walnuts including injection and distribution through sprinklers. The Walnut Marketing Board of California. Walnut Research Reports 1989, 269-271.
- Olson, B., Uriu, K., Pearson, J. 1990. Comparison of efficiency of potassium application methods to walnuts including injection and distribution through sprinklers. The Walnut Marketing Board of

California. Walnut Research Reports 1990, 246-249.

Pereira, J.A., Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I.C.F.R.; Bento, A., Estevinho, L. 2008. Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. *Food and Chemical Toxicology* 46:2103–2111.

Peres, M.F., Gouveia, C. 2017. Composição química e propriedades bioativas da noz (*Juglans regia* L.). *Agroforum: Revista da Escola Superior Agrária de Castelo Branco*. ISSN 0872-2617. Ano 25:38, p. 19-24.

Regato, M., Silva, O., Sousa, R., Guerreiro, I. 2003. Fertilização do pomar de noqueiras. *Projeto Agro 347*, folheto de divulgação, 2 pp.

Richardson, W.F., Meyer, R.D. 1990. Spring and summer nitrogen applications to Vina walnuts. *California Agriculture* 44(4), 30-32.

Santos, J.Q. 2012. Fertilização: Fundamentos da Utilização dos Adubos e Correctivos. 4ª Ed. Publicações Europa-América, coleção Euroagro, 638 pp.

Santos, J.Q. 2014. Fertilização, Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e corretivos. Ed. Publíndústria, 556 pp.

Serr, E.F. 1960. Walnut orchards on volcanic soils deficient in phosphorus. *California Agriculture* 14(6), 6-7.

Serr, E.F. 1961a. Nutritional deficiencies and fertilization practices in California walnut orchards. 52nd Annual Report of the Northern Nut Growers Association. pp 69-74.

Serr, E.F. 1961b. Response of Persian walnut to superphosphate. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 77, 301-307.

Serr, S.M., T. Karedeniz 2015. The nutritional value of walnuts. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 11:68-71.

Sibbet, G.S. 1993. Effects of one “in tree hole” fertilizer on first year growth of walnut trees planted in a high fertility soil. The Walnut Marketing Board of California. *Walnut Research Reports* 1993, 189-195.

Sibbett, G.S., Coates, W.W., Edstrom, J. 1998. Orchard planning, design, and planting. In: Ramos, D.E. (Ed.) *Walnut Production Manual*. University of California Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3373. pp. 90-98.

Tété, J. 2011. Nozes e noqueiras. Questões que devem ser questionadas <http://nozesenogueiras.blogspot.com/2011/05/producao-de-nozes-questoes-que-devem.html> (acedido a 26-jun-21).

UC Davis 2021. California Crop Fertilization Guidelines <http://fruitandnuteducation.ucdavis.edu/fruitnutproduction/Walnut/> (acedido a 27-jul-2021).

van Sambeek, J. W. 2017. Orchard Management using Cover Crops to Improve Soil Health and Pollinator Habitat in the Midwestern United States. *The Nutshell*, Vol 71.3: 33-45. 2016 Annual Report Nebraska City.

Vida Rural 2016. As nozes e amêndoas da Quinta do Pereiro <https://www.vidarural.pt/sem-categoria/as-nozes-e-amendoas-da-quinta-do-pereiro/> (acedido a 29-jun-21).

Voz do campo 2020. À conta da cultura da noqueira. Edição de novembro 2020. <https://vozdocampo.pt/2021/01/04/a-conta-da-cultura-da-nogueira/> (acedido a 25-jun-21).

Weinbaum, S.A., Murooka, T.T., Gatlin, P. B., Kelley, K. 1991. Utilization of fertilizer N by walnut trees. The Walnut Marketing Board of California. Walnut Research Reports 1991, 317334.

Weinbaum, S., van Kessel, C. 1998. Quantitative estimates of uptake and internal cycling of ^{14}N -labeled fertilizer in mature walnut trees. *Tree Physiology* 18, 795-801.

4

Fertilização do castanheiro

Margarida Arrobas, M. Ângelo Rodrigues

Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança

Índice

4.1 Introdução

4.2 Importância socioeconómica do castanheiro

4.3 Enquadramento agro-ecológico do castanheiro

4.4 Métodos de diagnóstico para a fertilização do castanheiro

4.5 Estabelecimento do plano de fertilização

4.6 Nota final

Referências

4.1 Introdução

A falência do setor dos cereais de inverno em todo o interior norte e centro de Portugal, fez do castanheiro (*Castanea sativa* Mill.) uma das únicas fontes de receita dos agricultores nas zonas de maior altitude onde o cultivo da vinha e do olival não são viáveis. O preço favorável da castanha dos últimos anos tem focado a atividade agrícola nesta espécie e levado a alguma intensificação cultural. Apesar dos problemas fitossanitários que enfrentam, os souts são hoje cuidados, sendo a fertilização uma prática seguida pela generalidade dos produtores que, intuitivamente, entendem que dela depende, pelo menos em parte, a produtividade das árvores e o calibre dos frutos. Os castanheiros adultos são árvores enormes, com uma grande capacidade de regular internamente o fornecimento de nutrientes às folhas, e dispõem de um sistema radicular de grande expansão, o que lhes permite aceder a nutrientes que não estão ao alcance de outras culturas. Por outro lado, sabe-se que a generalidade das árvores se encontra micorrizada com fungos benéficos, o que também lhes facilita o acesso a nutrientes menos disponíveis no solo.

A fertilização assume enorme importância para a generalidade das culturas e não o será menos para o castanheiro. No entanto, definir uma estratégia de fertilização coerente com as necessidades da espécie pode não ser tarefa fácil, sobretudo devido ao tamanho das árvores e ao facto de não haver investigação internacional sobre a temática. Ainda assim, alguns estudos realizados em Portugal apontam pistas, que serão discutidas neste documento, e que podem ajudar os produtores a orientar a fertilização do castanheiro.

4.2 Importância socioeconómico do castanheiro

Em Portugal o castanheiro pode não ter a importância económica de fruteiras como a oliveira, a macieira e os citrinos, devido à menor produtividade unitária, mas em área ocupada só é ultrapassada pela oliveira (FAOSTAT, 2022). A atividade económica de várias freguesias e

mesmo de alguns concelhos do interior norte e centro de Portugal está muito dependente da cultura do castanheiro. O colapso do setor dos cereais e o declínio das atividades agropecuária e florestal tornaram a castanha praticamente como o único produto de venda em numerosas freguesias das zonas de montanha e a razão da permanência de algumas famílias em meio rural. Contudo, a castanha não é só importante para as famílias que vivem da agricultura e mantêm residência nas freguesias do interior. Um vasto leque de pequenos e médios proprietários rurais, que trabalha em diversas outras atividades económicas, frequentemente na sede de concelho, mas não necessariamente, consegue um importante complemento ao salário mensal explorando os soutos em atividades de fim de semana. Com exceção da colheita, o cultivo do castanheiro não tem mais nenhuma etapa que consuma tempo, sendo uma cultura que se gere facilmente durante o fim de semana e usando parte das férias para a apanha.

O reconhecimento do elevado valor nutricional da castanha (Echegaray et al., 2018; Rusu et al., 2019) e as diversas utilizações culinárias, têm permitido manter o preço em nível aceitável para estimular os produtores. A castanha tem outra característica que faz dela um produto adequado para ser produzido nas zonas de montanha, que é a sua facilidade de conservação. Ao contrário de diversas frutas e legumes que requerem tempos muito curtos desde a colheita até à chegada à rede de frio, a castanha conserva-se no solo dos soutos ou em sacos alimentares por períodos relativamente longos, o que facilita a apanha, o processo de conservação e a venda.

Os maiores problemas do setor estão relacionados com as doenças e pragas da cultura. O cancro-do-castanheiro [*Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr] que debilita as árvores podendo levar à sua morte (Murolo et al., 2019) e a doença-da-tinta (*Phytophthora* spp.) que conduz a uma morte rápida dos castanheiros (Gouveia et al., 2009) são as doenças mais importantes (Figura 4.1). Mais recentemente surgiu também a vespa-das-galhas-do-castanheiro (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) de origem asiática (Gençer e Mert, 2019), que está a deprimir fortemente as árvores e a levar a perdas de produtividade consideráveis. Se não fossem os preços tão favoráveis da castanha e o castanheiro ser a única alternativa cultural destes territórios, estas questões sanitárias já teriam, por certo, levado ao abandono integral da cultura. No entanto, os produtores insistem na renovação dos soutos, surgindo com isso a necessidade de os fertilizar.



Figura 4.1. Árvores adultas destruídas pelas doenças

4.3 Enquadramento agro-ecológico do castanheiro

No passado, os castanheiros destinados a produção de fruto surgiam no território como árvores isoladas ou em pequenos grupos largamente espaçados, nas zonas mais férteis das terras de cereais. Podiam também surgir soutos com árvores contínuas em parcelas com pouco declive ou concavas e, quando instalados em locais de menor altitude, nas encostas voltadas a norte. Os castanheiros foram sempre plantados em solos de alguma qualidade. Esta forma de cultivo originou árvores enormes que podiam estar em produção durante centenas de anos (Figura 4.2). Nos anos recentes, o aumento da disponibilidade de terra devido ao abandono dos cereais, a morte de árvores devido às doenças e a pressão de plantação devido aos preços estimulantes da castanha, têm levado a que surjam soutos em solos de menor fertilidade (Figura 4.3), o que os torna bastante mais dependentes da aplicação de fertilizantes para assegurarem um nível mínimo de produtividade.



Figura 4.2. Árvores centenárias em soutos com árvores esparsas



Figura 4.3. Plantação de castanheiros em solos de fertilidade muito baixa

As principais zonas produtoras de castanha do norte e centro do país, encontram-se em altitudes relativamente elevadas (600 a 900 m) onde a precipitação é ainda significativa. Com raras exceções, o substrato rochoso, maioritariamente xisto ou granito, associado à precipitação elevada, origina solos ácidos. Quando os solos são analisados em laboratório, pelo método oficialmente usado em Portugal (método Egnér-Riehm ou do lactato de amónio), os solos

apresentam-se também geralmente pobres em fósforo e com teores médios a elevados em potássio. Esta informação é do conhecimento generalizado dos laboratórios de análises, mas também das empresas de fabrico e venda de fertilizantes. Em anos recentes, muitas destas empresas têm apresentado aos produtores programas de fertilização para o castanheiro baseados na aplicação de calcários e fertilizantes particularmente ricos em fósforo. Azoto normalmente não é recomendado ou sugerem-se doses baixas, também porque se tende a admitir, sem informação científica de suporte, que o azoto pode induzir suscetibilidade às doenças que afetam a cultura.

A investigação conduzida nos anos recentes sobre fertilização do castanheiro tem produzido informação que não corrobora a estratégia de fertilização baseada na aplicação de calcário e fósforo. Isto é, o castanheiro dificilmente responde à aplicação de calcário, a menos que o solo seja particularmente ácido, na medida em que é uma planta bem adaptada a zonas de montanha de elevada altitude e solos ácidos (Arrobas et al., 2017; Rodrigues et al., 2020). Por outro lado, suspeita-se que a informação de que os solos da região têm níveis de fósforo baixos resulte, sobretudo, de uma inadequação do método laboratorial que se utiliza, não sendo, provavelmente, um problema real. A investigação realizada na região tem mostrado que espécies diversas cultivadas nestes solos normalmente não respondem à aplicação de fósforo (Afonso et al., 2018; Ferreira et al., 2018; Rodrigues et al., 2019) e que o azoto, juntamente com o boro, são possivelmente os nutrientes mais importantes a incluir nos programas de fertilização do castanheiro (Portela et al., 2011, 2015; Arrobas et al., 2018; Rodrigues et al., 2019).

4.4 Métodos de diagnóstico para apoio à fertilização do castanheiro

Nos programas de recomendação de fertilização usam-se sobretudo dois métodos de diagnóstico, um orientado para a avaliação da fertilidade do solo, designado de análise de terras, e outro à avaliação do estado nutricional das plantas, vulgarmente designado de análise foliar ou, mais corretamente, análise de tecidos vegetais.

Em culturas anuais é comum analisar amostras de solos colhidas nos 20 cm superficiais. Parte-se do princípio que essa camada de solo fornece informação suficiente sobre a disponibilidade de nutrientes para as plantas, ajudando a estimar a quantidade de fertilizantes a aplicar. Nas espécies arbóreas e arbustivas por vezes recomenda-se que se amostrasse a maior profundidade, considerando por exemplo a camada 20-40 cm, baseado no facto de estas plantas tenderem a desenvolver os seus sistemas radiculares a maior profundidade. Esta aproximação ao problema parece fazer sentido, mas tem reduzida utilidade prática. A grande maioria dos solos do interior norte e centro de Portugal não tem uma profundidade efetiva superior a 20 cm, o que torna virtualmente impossível fazer a amostragem a maior profundidade. Por outro lado, a colheita a maior profundidade é de reduzida utilidade uma vez que não existe calibração para que a informação recolhida possa ser usada nos sistemas de recomendação de fertilização. Por fim, quando se trata de árvores de fruto, e sobretudo se apresentam o tamanho do castanheiro, a expansão do sistema radicular em profundidade será sempre muito superior aos 40 cm superficiais.

A análise de tecidos vegetais informa sobre a concentração de nutrientes nos tecidos, fazendo o diagnóstico da situação nutricional do momento. Isto é, indica indiretamente se um dado

nutriente foi absorvido pela planta. Nesta perspectiva, é um método de diagnóstico menos incerto que a análise de terras. A maior limitação da análise de tecidos vegetais, sobretudo em culturas marginais pouco investigadas, é a dificuldade na interpretação dos resultados. Na interpretação dos resultados da análise de tecidos vegetais faz-se a comparação com valores padrão ou intervalos de suficiência previamente estabelecidos pelos investigadores. Os intervalos de suficiência tentam indicar a zona de concentrações adequadas e os limites abaixo e acima dos quais o nutriente pode estar em deficiência ou em excesso, respetivamente. O maior problema é que em culturas como o castanheiro não há informação suficiente que garanta que estes intervalos de suficiência fornecem uma interpretação segura. Eles foram estabelecidos com base em valores observados em árvores produtivas ou em função das concentrações mais frequentemente observadas. Em castanheiro não há estudos que relacionem os valores dos intervalos de suficiência com a produtividade, o que lhe daria maior robustez. Contudo, em culturas arbóreas a análise de tecidos fornece normalmente informação mais segura que a análise de terras sobre a biodisponibilidade dos nutrientes no solo (Righetti et al., 1990).

4.5 Estabelecimento do plano de fertilização

Os castanheiros adultos dificilmente reagem à fertilização no curto prazo, excetuando-se talvez a aplicação de nutrientes como o boro quando se encontra em deficiência. A árvore tem uma enorme estrutura perene, constituída por raízes e caules, com elevada capacidade para armazenar nutrientes que podem ser remobilizados para as partes em crescimento quando a absorção é insuficiente. Estima-se que o castanheiro possa satisfazer metades das suas necessidades anuais em azoto, fósforo e potássio a partir da translocação de nutrientes das partes perenes e da reciclagem dos nutrientes nos ouriços e folhada de outono (Colin-Belgrand et al., 1996). O sistema radicular é extenso o que diminui a importância das raízes próximas do tronco onde normalmente se aplicam os fertilizantes. Por outro lado, a generalidade das plantas, sobretudo as árvores, encontram-se micorrizadas (Lanfranco et al., 2016). O estabelecimento de relações mutualistas com fungos micorrízicos permite às plantas aceder a nutrientes e água que não estão disponíveis para plantas não micorrizadas (Lopes et al., 2020; Rodrigues et al., 2021). No entanto, a disponibilidade e o comportamento dos nutrientes no solo são muito variáveis, devendo atender-se às especificidades de cada um quando se prepara um programa de fertilização.

O azoto não se acumula nos solos em formas utilizáveis pelas plantas. A generalidade do azoto que se encontra no solo na forma orgânica ou mineral resulta de adições anteriores, que podem ter ocorrido por processos naturais ou resultarem da aplicação de fertilizantes feita pelo homem. Contudo, no fim da estação de crescimento, parte do azoto presente nas folhas, em macromoléculas como a clorofila, pode ser decomposto, formando-se moléculas orgânicas mais simples, como aminoácidos, e ser armazenado na estrutura perene da árvore para utilização no ano seguinte. No processo, algum azoto perde-se para atmosfera na forma de gases azotados, processo designado de perdas de azoto pela canópis. Estas transformações associadas à senescência das folhas e também dos ouriços fazem com que estes materiais contenham pouco azoto, reduzindo a importância da reabsorção do nutriente no futuro após mineralização desses resíduos. Por outro lado, o azoto é dos nutrientes mais exportados na colheita (Arrobas et al.,

2018). Assim, tendo em conta que o nutriente não se acumula no solo e que em resultado da exportação pelos frutos e das perdas pela canópis ocorre um balanço anual negativo entre entradas e saídas do nutriente no sistema, o elemento deve ser aplicado anualmente. Estudos recentes mostraram que o castanheiro responde à aplicação de azoto (Rodrigues et al., 2019) e que a generalidade dos soutos (63%) tem teores de azoto nas folhas na zona de deficiência (Arrobas et al., 2018).

O fósforo poderá ser dos nutrientes menos importantes no programa de fertilização do castanheiro, ao contrário do que vem sendo tradição nesta cultura. As árvores, de uma maneira geral, tendem a acumular fósforo no sistema radicular quando está disponível no solo (Ferreira et al., 2018), podendo usá-lo para regular a disponibilidade de fósforo nas folhas. Por outro lado, os castanheiros adultos estão por certo micorrizados (Pereira et al., 2012). Um dos papéis mais conhecidos dos fungos micorrízicos (quer dos fungos ectomicorrízicos quer dos fungos micorrízicos arbusculares) é facilitarem o acesso ou disponibilizarem fósforo pouco solúvel às plantas hospedeiras (Lopes et al., 2020; Rodrigues et al., 2021). Por outro lado, em solos de características idênticas àqueles em que se encontra o castanheiro, muitas outras espécies têm mostrado falta de resposta à aplicação de fósforo (Afonso et al., 2018; Ferreira et al., 2018; Rodrigues et al., 2019). Foi também observado que apenas 18% dos soutos do distrito de Bragança mostraram níveis de fósforo na zona de deficiência e que a exportação do nutriente nos frutos é baixa (Arrobas et al., 2018). Assim, não se pode concluir que não deve ser aplicado fósforo aos castanheiros, mas em termos relativos ele será necessário em menor quantidade que o azoto e é de menor relevância a necessidade de ser aplicado todos os anos.

A disponibilidade de potássio no solo nas zonas onde o castanheiro é importante é normalmente média a elevada. Há também informação de que o potássio é exportado em quantidades elevadas na colheita (Arrobas et al., 2018). O potássio é utilizado pelas plantas em quantidades elevadas na fase do crescimento dos frutos (Hawkesford et al., 2012), que no castanheiro ocorre em plena época estival. Nesta época do ano os solos estão habitualmente secos, sendo difícil a absorção do nutriente a partir do solo. O potássio necessário ao crescimento dos frutos pode ser remobilizado a partir das folhas, mas também nas folhas o potássio tem um papel importante no verão, na regulação da abertura e fecho dos estomas. Se os solos estiverem bem providos de potássio, a planta pode absorver o nutriente no fim da primavera enquanto as condições hídricas são favoráveis e, durante o verão, alocar o nutriente aos processos fisiológicos mais exigentes. Assim, com a informação experimental disponível, pode resumir-se que a aplicação regular de potássio pode ser mais importante que a de fósforo, mas provavelmente menos que a de azoto. Uma avaliação do estado nutricional dos soutos do distrito de Bragança mostrou que 34% se encontravam com potássio em nível de deficiência (Arrobas et al., 2018).

A possível deficiência de cálcio e/ou magnésio está normalmente associada ao pH do solo, sendo provável em solos muito ácidos. A importância do magnésio está, contudo, melhor documentada por trabalho experimental que a de cálcio (Portela et al., 2010; Afif-Khoury et al., 2011). De informação mais recente tem-se formado a ideia de os castanheiros dificilmente respondem à aplicação de calcário (Arrobas et al., 2017; Rodrigues et al., 2020), talvez por serem plantas adaptadas a solos ácidos. Contudo, um estudo baseado na amostragem de 198 soutos, revelou que 19% e 21% apresentaram concentrações, respetivamente, de cálcio e magnésio nas folhas na zona de deficiência. Estes números deixam claramente a ideia de que a

aplicação de corretivos alcalinizantes pode ser necessária, mas apenas em solos muito ácidos, e que devem ser utilizados calcários magnesianos.

O boro será, a par do azoto, o nutriente que deve merecer maior atenção nos programas de fertilização. É o nutriente cuja resposta do castanheiro à sua aplicação está melhor documentada (Portela et al., 2011, 2015; Arrobas et al., 2017; Rodrigues et al., 2019) e, por outro lado, foi verificado que 40% dos soutos do distrito de Bragança apresentavam teores de boro nas folhas na zona de deficiência (Arrobas et al., 2018). Ainda que parte do boro que se encontra nas folhas e nos ouriços que caem ao solo no outono possa ser reabsorvido nos anos seguintes, isso não será suficiente para suprir as necessidades da cultura. Estes solos apresentam normalmente teores baixos de argila e de matéria orgânica, que são as propriedades do solo que podem ajudar a reter boro (Havlin et al., 2014). Por outro lado, o nutriente é bastante solúvel em água, pelo que o boro deve ser aplicado em doses reduzidas e com regularidade anual, para poder ser absorvido pelas plantas sem que ocorram perdas para os cursos de água.

Sobre os restantes nutrientes há ainda menos informação disponível. Tudo indica que o mais relevante possa ser o risco de toxicidade de alumínio e/ou manganês em solos muito ácidos. Nesta região, os solos podem conter muito manganês disponível. Contudo, o castanheiro, sendo uma planta adaptada a solos ácidos, pode conter nos tecidos quantidades elevadas de manganês sem sintomas de toxicidade (Arrobas et al., 2018; Rodrigues et al., 2019). De qualquer forma, estes problemas são tratados quando se faz a correção da acidez do solo não devendo justificar atenção individualizada.

4.6 Nota final

Com a informação disponível pode dizer-se que o castanheiro deve receber anualmente azoto e boro como fertilizantes. O boro, sendo um micronutriente, deve ser usado com moderação. Em soutos com árvores adultas não se devem ultrapassar 2 kg de boro por hectare, ou seja, aproximadamente 20 kg por hectare de um adubo com 0 a 15% de boro. O potássio também deverá ser aplicado com regularidade, embora a informação disponível não seja tão segura, sobretudo pelo facto de alguns solos poderem ter níveis do nutriente elevados. O fósforo deverá ser necessário em quantidades menores que azoto e potássio e é menos importante a regularidade anual da sua aplicação. Por razões práticas, pode ser adequado aplicar adubos compostos contendo azoto, fósforo e potássio, mas devendo ser usados aqueles em que o conteúdo em fósforo seja mais baixo. O castanheiro é uma planta tolerante à acidez. Contudo, foram diagnosticadas situações de deficiência de cálcio e magnésio em soutos de castanheiros, pelo que em solos muito ácidos (<5,5 para orientação) o pH deve ser corrigido, preferencialmente com calcários magnesianos.

A análise de folhas é de uma importância inquestionável em fruticultura, tanto maior quanto maiores forem as árvores. Com a regularidade prevista nas normas de produção em vigor, devem ser colhidas folhas na parte média dos lançamentos do ano no verão (início de agosto por referência) e os resultados das análises devem ser tidos em conta na adubação da primavera do ano seguinte.

Referências

- Affif-Khouri E, Alvarez-Alvarez P, Fernandez-Lopez MJ, Oliveira- Prendes JA, Camara-Obregon A (2011) Influence of climate, edaphic factors and tree nutrition on site index of chestnut coppice stands in north-west. *Forestry* 84: 385-396.
- Afonso, S., Arrobas, M., Ferreira, I.Q., Rodrigues, M.A. 2018. Leaf nutrient concentration standards for lemon verbena (*Aloysia citrodora* Paláu) obtained from field and pot fertilization experiments. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 8: 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.09.004>
- Arrobas M., Afonso S., Ferreira I., Moutinho-Pereira J., Correia C., Rodrigues M. 2017. Liming and application of nitrogen, phosphorus, potassium, and boron on a young plantation of chestnut. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41, 441-451.
- Arrobas M., Afonso S., Rodrigues M. 2018. Diagnosing the nutritional condition of chestnut groves by soil and leaf analyses. 2018. *Scientia Horticulturae*, 228, 113-121.
- Colin-Belgrand M, Ranger J, Bouchon J (1996) Internal Nutrient Translocation in Chestnut Tree Stemwood: III. Dynamics Across an Age Series of *Castanea sativa* (Miller). *Ann Bot* 78:729-740
- Echegaray N, Gomez B, Barba FJ, Franco D, Estevez M, Carballo J, Marszałek K, Lorenzo JM (2018) Chestnuts and by-products as source of natural antioxidants in meat and meat products: a review. *Trends Food Sci Technol* 82:110–121
- FAOSTAT, 2022. Crops. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (acesso em dezembro de 2022)
- Ferreira, I.Q., Rodrigues, M.A., Moutinho-Pereira, J.M., Correia, C., Arrobas, M. 2018. Olive tree response to applied phosphorus in field and pot experiments. *Scientia Horticulturae*. *Scientia Horticulturae* 234 (2018) 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.050>
- Gençer NS, Mert C (2019) Studies on the gall characteristics of *Dryocosmus kuriphilus* in chestnut genotypes in Yalova and Bursa provinces of Turkey. *Not Bot Hort Agrobiol* 47(1):177–182
- Gouveia, E., Coelho, V., Sousa, N., Coutinho, S., Nunes, L., & Monteiro, M. L. (2009). Um método eficiente para a detecção de *Phytophthora cinnamomi* associada com a Doença da Tinta do Castanheiro na rizosfera de castanheiro (*Castanea sativa* Mill.). *Revista de Ciências Agrárias*, 32 (1), 130-138.
- Havlin JL, Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD (2014) Soil fertility and fertilizers, an introduction to nutrient management, 8th edn. Pearson, Boston
- Hawkesford M, Horst W, Kichey T, Lambers H, Schjoerring J, Skrumsager M, White P. 2012. Function of macronutrients. In: Marschner P, editor. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. London, UK: Elsevier; p. 135-189.
- Lanfranco, L., Bonfante, P., Genre, A., 2016. The mutualistic interaction between plants and arbuscular mycorrhizal fungi. *Microbiology Spectrum*, 4(6):1–20. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0012-2016>

- Lopes, J.I., Arrobas, M., Brito, C., Gonçalves, A., Silva, E., Martins, S., Raimundo, S., Rodrigues, M.A., Correia, C.M. 2020. Mycorrhizal fungi were more Effective than zeolites in increasing the growth of non-irrigated young olive trees. *Sustainability*, 12, 10630; doi:10.3390/su122410630
- Murolo S, Concas J, Romanazzi G (2019) Use of biocontrol agents as potential tools in the management of chestnut blight. *Biol Control* 132:102–109
- Pereira E, Coelho V, Tavares RM, Lino-Neto T, Baptista P (2012) Effect of competitive interactions between ectomycorrhizal and saprotrophic fungi on *Castanea sativa* performance. *Mycorrhiza* 22:41–49
- Portela E, Ferreira-Cardoso J, Louzada J, Gomes-Laranjo J (2015) Assessment of boron application in chestnuts: nut yield and quality. *J Plant Nutr* 38:973–987.
- Portela E, Pires CC, Louzada J (2010). Magnesium deficiency in chestnut groves: the influence of soil manganese. *J Plant Nutr* 33: 452-460.
- Portela, E., Ferreira-Cardoso, J.V., Louzada, J.L. 2011. Boron application on a Chestnut orchard: effect on yield and quality of nuts. *J. Plant Nutr.* 34, 1245–1253.
- Righetti TL, Wilder KL, Cummings GA (1990) Plant analysis as an aid in fertilizing orchards. In: Westermann RL (ed.), *Soil Testing and Plant Analysis*. 3rd ed. Book Series no. 3. SSSA, Madison, WI, pp 563–601.
- Rodrigues, M.A., Grade, V., Barroso, V., Pereira, A., Cassol, L.C., Arrobas, M. 2019. Chestnut response to organo-mineral and controlled-release fertilizers in rainfed growing conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* (in press).
- Rodrigues, M.A., Pirolì, L.B., Forcelini, D., Raimundo, S., Domingues, L.S., Cassol, L.C., Correia, C.M., Arrobas, M., 2021. Use of commercial mycorrhizal fungi in stress-free growing conditions of potted olive cuttings. *Scientia Horticulturae*, 275:109712. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109712>
- Rodrigues, M.A., Raimundo, S., Pereira, A., Arrobas, M. 2020. Large chestnut trees (*Castanea sativa*) respond poorly to liming and fertilizer application. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. (<https://doi.org/10.1007/s42729-020-00210-4>).
- Rusu ME, Simedrea R, Gheldiu A-M, Mocan A, Vlase L, Popa D-S, Ferreira ICFR (2019) Benefits of tree nut consumption on aging and age-related diseases: mechanisms of actions. *Trends Food Sci Tech* 88:104–120.

5

Gestão da fertilidade do solo e fertilização em pomares biológicos

M. Ângelo Rodrigues, Margarida Arrobas

Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança

Índice

5.1 Introdução

5.2 Conceito de elemento essencial às plantas

5.3 Necessidade de fertilização das culturas

5.4 A matéria orgânica como fonte de nutrientes para as plantas

5.5 Mercado de fertilizantes para agricultura biológica

5.6 Alternativas de gestão da fertilidade do solo em agricultura biológica

5.7 Nota final

Referências

5.1 Introdução

A agricultura biológica tem vindo a ser incentivada pelas políticas comunitárias. Não é, contudo, claro que do maior apoio comunitário à agricultura biológica possam vir benefícios para a agricultura nacional no seu todo ou que de alguma forma esta se vá tornar internacionalmente mais competitiva. A agricultura biológica coloca desafios que grande parte dos setores pode não conseguir ultrapassar. Na componente agronómica, a agricultura biológica coloca desafios complexos, que podem ser divididos em dois grupos: proteção sanitária das culturas; e gestão da fertilidade do solo e fertilização. Neste documento, procura dar-se um contributo em como os problemas na gestão da fertilidade do solo podem ser ultrapassados em pomares biológicos de escala comercial. Para se conseguir este objetivo muitos conceitos base relacionados com a fertilidade do solo e a nutrição das plantas têm de ser revistos e clarificados.

5.2 Conceito de elemento essencial às plantas

A diversidade de elementos químicos que pode ser encontrada nos tecidos das plantas é incrivelmente elevada. Até ao presente, foram identificados mais de 60 elementos diferentes nos tecidos vegetais e a pesquisa com este objetivo nem se pode considerar exaustiva. Para a grande maioria desses elementos não são conhecidas funções nas plantas. Eles encontram-se presentes nos tecidos genericamente porque as plantas não têm mecanismos que permitam evitar a sua absorção (Kirkby, 2012).

Contudo, a um restrito número de elementos que se encontram nos tecidos das plantas é reconhecida essencialidade. Isto é, sabe-se que sem a sua presença nos tecidos a vida das plantas não é possível. Eles têm um papel único nas plantas, o que lhes confere o estatuto de elemento essencial. Para que um elemento seja considerado essencial ele deve cumprir três requisitos, que foram postulados na primeira metade do século XX (Arnon and Stout, 1939) mas que são ainda universalmente aceites (Bryson et al., 2014). Um elemento essencial é

aquele que: 1) na sua ausência a planta não consegue completar o ciclo de vida; 2) tem uma função na planta que não pode ser exercida por qualquer outro elemento; e 3) está envolvido diretamente no metabolismo da planta (por exemplo, ser componente de uma estrutura orgânica fundamental, ser ativador de uma enzima, etc.). Apenas para 17 elementos está comprovada a sua essencialidade, sendo eles carbono, oxigênio, hidrogênio, azoto, fósforo potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, ferro, cobre, zinco, manganês, molibdênio, cloro e níquel.

Para um conjunto ainda relativamente elevado de outros elementos foi demonstrado algum benefício para as plantas associado à sua presença nos tecidos. Alguns sabe-se serem essenciais para algumas plantas, mas não o serão para todas. Estes podem ser designados de elementos benéficos ou eventualmente benéficos, sendo por vezes estas duas categorias separadas. Contudo, de forma simplificada, elementos benéficos e/ou eventualmente benéficos são aqueles que em determinadas concentrações nos tecidos podem beneficiar a planta sem estar provada a sua essencialidade para todas as plantas (Kirkby, 2012; Bryson et al., 2014). Isto significa que as plantas (pelo menos algumas) podem viver sem eles, mas o seu crescimento beneficia quando estão presentes em concentrações adequadas. Alguns dos elementos que se encontram nestas condições são silício, sódio, alumínio, selênio, platina, entre outros.

As plantas podem obter os nutrientes de que necessitam a partir da atmosfera, da molécula da água ou da solução do solo. A atmosfera e a água fornecem carbono, oxigênio e hidrogênio que são incorporados nos tecidos através de processos como a fotossíntese e a respiração celular. A atmosfera pode ser ainda fonte de enxofre, com algum significado quantitativo, e de diversos outros nutrientes como azoto, em quantidades mais reduzidas. A generalidade dos outros elementos essenciais e benéficos são obtidos de forma exclusiva ou maioritariamente a partir da solução do solo. É com os nutrientes fornecidos a partir do solo que o produtor se deve preocupar, excluindo-se a produção em estufas em que por vezes é também benéfico modificar a composição da atmosfera enriquecendo-a em dióxido de carbono.

5.3 Necessidade de fertilização das culturas

Na floresta amazônica e em outros ecossistemas naturais, a vegetação pode apresentar grande exuberância aparente sem que haja intervenção do homem. Isto é, parece que as plantas conseguem obter do meio todos os nutrientes de que necessitam sem que seja necessário aplicar fertilizantes. Será que esta lógica se pode aplicar aos campos de cultivo? No que diferem os ecossistemas naturais dos campos de cultivo?

Na floresta amazônica, os nutrientes que estão a ser absorvidos em cada momento e a ser utilizados pelas plantas em novos crescimentos (folhas, flores, frutos, ...) resultam da reciclagem de nutrientes de ciclos de crescimento anteriores. Os insetos, as aves, os mamíferos e muitos outros animais que habitam a floresta, usam os nutrientes contidos na vegetação, alimentando-se das folhas e/ou dos frutos, ou estão integrados em níveis mais elevados da cadeia trófica, alimentando-se daqueles que se alimentaram das árvores (por exemplo, aves e morcegos alimentam-se de insetos que se alimentam das plantas e as aves de rapina, por sua vez, alimentam-se dessas aves e morcegos). Dejetos, cadáveres, frutos maduros e folhas senescentes retornam ao solo onde são decompostos por outras cadeias tróficas, que tornam os seus minerais de novo disponíveis para as plantas, numa ciclagem de nutrientes quase completa.

Podem ocorrer pequenas perdas de nutrientes por volatilização, lixiviação ou desnitrificação, mas estas são equilibradas por deposições atmosféricas secas ou na água da chuva.

Num campo agrícola as plantas utilizam nutrientes contidos no solo, tal como num ecossistema natural. A grande diferença é que o homem retira do sistema os nutrientes que as plantas absorveram, através das colheitas que usa na sua alimentação ou transfere para os mercados e que, de uma maneira geral, não mais regressam ao solo (Figura 5.1), ao contrário do que acontece num ecossistema natural. Quanto mais produtivo for o sistema de produção e maior a ligação aos mercados, maior a quantidade de nutrientes que sai do sistema sem possibilidades de retorno, aumentando o desequilíbrio. A fertilização efetuada pelo homem visa compensar o desequilíbrio provocado pela exportação de nutrientes nas colheitas. Assim, quanto maior a produtividade do sistema de cultivo maiores as quantidades de nutrientes que têm de ser aplicadas pelo homem.



Figura 5.1. A colheita remove dos campos de cultivo quantidades relevantes de nutrientes

A necessidade da aplicação de nutrientes aos solos agrícolas não é, contudo, a mesma para todos os nutrientes essenciais, ou seja, a aplicação de um dado nutriente não tem de ser diretamente proporcional à quantidade exportada nas colheitas. Há elementos essenciais que são de tal forma abundantes no solo que é virtualmente impossível esgotarem-se, mesmo que o solo esteja integrado num sistema de produção de elevada produtividade e exportação. Contudo, para diversos outros nutrientes não há reservas no solo nem processos naturais que permitam repô-los anualmente na solução do solo ao ritmo a que são exportados pelas culturas. Os nutrientes que são utilizados em quantidade elevada pelas plantas e que normalmente não estão disponíveis nos solos agrícolas em quantidades adequadas para o crescimento das plantas designam-se macronutrientes principais, sendo frequentemente necessário aplicá-los como fertilizantes. Outros nutrientes ainda usados em quantidades elevadas pelas plantas, mas que é frequente o solo (ou o meio) fornecê-los em quantidades adequadas são designados macronutrientes secundários. No primeiro grupo incluem-se azoto, fósforo e potássio e no segundo cálcio, magnésio e enxofre. Diversos outros nutrientes que normalmente são necessários às plantas em quantidades baixas e o solo tende a fornecê-los em quantidades adequadas são designados micronutrientes (Weil e Brady, 2017). Em conjunto constituem os nutrientes essenciais já anteriormente definidos.

A fertilização das culturas está focada nos nutrientes que o solo não fornece em quantidades

adequadas às plantas. Assim, os macronutrientes principais são aplicados anualmente, de uma maneira geral em todos os agro-sistemas, sendo os macronutrientes secundários e os micronutrientes aplicados com menor frequência e os segundos normalmente em quantidades reduzidas (Santos, 2015).

Muitos nutrientes essenciais às plantas podem existir no solo em quantidades elevadas, mas não se encontram na solução do solo ou em formas químicas absorvíveis pelas plantas. Por vezes basta alterar a reação do solo (por exemplo, aplicando calcário) para aumentar a solubilidade do nutriente e dispensar a sua aplicação como fertilizante. Outros nutrientes, contudo, não existem no solo, ou não é possível dispor deles em quantidades relevantes, estando a nutrição das plantas dependente de adições externas. O azoto é o exemplo mais paradigmático. A sua disponibilidade para as plantas está dependente de adições externas, seja pela aplicação de fertilizantes seja pela promoção da sua entrada no sistema por processos naturais, como a fixação biológica de azoto.

O azoto encontra-se no solo em formas orgânicas e minerais, sendo que a proporção relativa das primeiras tende a ser superior a 95% (Havlin et al., 2014). As formas orgânicas de azoto (matéria orgânica) não são, contudo, uma fonte realista de azoto para as plantas, como será desenvolvido no ponto 5.4. Por outro lado, azoto inorgânico no solo só existe em quantidades relevantes em solos com elevado conteúdo em argilas do tipo 2:1 (elite, montmorilonite, ...), onde a forma NH_4^+ se pode encontrar a estabilizar as cargas negativas da malha que resultaram das substituições isomórficas de Si^{4+} por Al^{3+} . Este ião NH_4^+ pode trocar de posição com outros catiões (sobretudo K^+) que se encontrem na solução do solo e, desta forma, ficar disponível para as plantas (Weil e Brady, 2017). No entanto, são sempre reservas limitadas que se reduzem rapidamente com o cultivo contínuo, pelo que, para o nutriente estar disponível para as plantas, tem de haver um fornecimento regular ao solo a partir de uma fonte externa.

5.4 A matéria orgânica como fonte de nutrientes para as plantas

A matéria orgânica do solo não deve ser vista como uma fonte de nutrientes para plantas. Esta tem sido o princípio mais difícil de entender no meio académico e, por arrastamento, no setor produtivo. Em agricultura biológica o papel da matéria orgânica no solo tem de ser bem entendido pois, de contrário, não se consegue definir uma estratégia coerente de fertilização. A matéria orgânica condiciona diversas propriedades do solo, de natureza física, química e biológica, tornando-o num meio com melhores condições para o desenvolvimento das plantas e das quais pode inclusive resultar aumento da disponibilidade de nutrientes (sobretudo devido à atividade enzimática associada à microbiologia do solo), mas a matéria orgânica, em si, não pode ser vista como fonte de nutrientes.

Num agro-sistema em equilíbrio, em que as técnicas de cultivo sejam mantidas por um longo período de anos sem alteração, o teor de matéria orgânica do solo não se altera. Se o teor de matéria orgânica não sofre alteração, também não se altera o seu conteúdo absoluto em nutrientes, sendo o saldo do processo mineralização/imobilização nulo. Se um solo num dado momento tem 2% de matéria orgânica e se dentro de 10 anos mantiver 2% de matéria orgânica (agro-sistema estável em equilíbrio) o seu conteúdo em nutrientes é o mesmo, logo não ocorreu saldo líquido na libertação de nutrientes para as plantas.

O que pode ser quantificado como fornecendo nutrientes às plantas, via matéria orgânica, são as adições externas. Isto é, se for adicionado estrume, do processo de mineralização resulta, mais cedo ou mais tarde, libertação dos seus nutrientes para as plantas. Se for aplicado um fertilizante mineral, os nutrientes nele contido passam para as culturas e parte destes para o solo, na forma dos resíduos (sistemas radiculares, restolhos, etc.) e dos microrganismos que também usam esses nutrientes para crescerem e se multiplicarem. Assim, num sistema estimulado por fatores de produção externos (fertilizantes orgânicos ou minerais) podem criar-se condições para que o substrato orgânico do solo liberte uma quantidade importante de nutrientes para as plantas, mas a origem dos nutrientes é externa e normalmente dependente da ação do homem.

As adições externas de nutrientes podem, contudo, pressupor processos naturais e, uma vez mais, passarem pela fase orgânica antes de chegarem às plantas. A fixação biológica de azoto é o melhor exemplo. Assim, quer sejam microrganismos fixadores que vivem livremente no solo e que usam azoto atmosférico para formarem a proteína dos seus corpos, e cujo azoto fica disponível para as plantas após a sua morte e mineralização dos seus tecidos (Rodrigues et al., 2018), quer sejam microrganismos que vivem em associação ou simbiose com plantas superiores, em que o azoto que fixam e fornecem às plantas chega ao solo maioritariamente nos resíduos das plantas após a sua morte (Rodrigues et al., 2015), existe sempre uma fonte original externa do nutriente, que nestes casos é a atmosfera. O azoto elementar (N_2) é o gás mais abundante na atmosfera, representando 78% em volume de todos os gases, sendo a atmosfera uma fonte inesgotável de azoto.

Assim, deve ficar claro que para haver saldo líquido de nutrientes para as plantas a partir da matéria orgânica tem de haver uma fonte externa de nutrientes, seja ela natural (por exemplo fixação biológica de azoto) ou resultar de estrumação ou fertilização mineral feita pelo homem. Sem estes vetores força, a matéria orgânica não fornece nutrientes às plantas, mesmo que o conteúdo no solo seja elevado. Em acréscimo, quando se preconiza aumentar a matéria orgânica no solo, não deve ser esquecido que o processo imobiliza nutrientes na sua composição, o que restringe o seu fornecimento às plantas. Em resumo, em sistemas agrícolas, a disponibilidade de alguns nutrientes para as plantas tem de ser promovida pelo homem, como acontece no caso do azoto.

5.5 Fertilizantes para agricultura biológica

Em agricultura biológica, por princípio, não se utilizam substâncias obtidas por processos industriais. Na área da fertilização, as principais restrições são impostas aos fertilizantes azotados, uma vez que o azoto mineral dos fertilizantes é obtido por um processo industrial designado de Haber-Bosch (Havlin et al., 2014). Os fertilizantes minerais azotados são produzidos a partir de uma fonte de azoto inesgotável, o azoto elementar que existe na atmosfera. O que torna os fertilizantes azotados caros é a necessidade de temperatura e pressão elevadas para separar os dois átomos de azoto que compõem a molécula N_2 . Fósforo e potássio são obtidos a partir de mineração em locais de acumulação desses minerais. A sua situação é distinta da do azoto. Nestes casos, o que pode estar em causa é a disponibilidade de matéria-prima para o fabrico dos fertilizantes. No caso do fósforo a situação é já problemática. As rochas fosfatadas a partir das quais se preparam os fertilizantes fosfatos serão esgotadas durante o século XXI se os

consumos se mantiverem aos níveis atuais (Gilbert, 2009). Os principais fertilizantes sólidos contendo fósforo usados na agricultura são obtidos de rochas fosfatadas após tratamento com ácidos que aumentam a solubilidade do fósforo, sendo que nestes casos também não são autorizados em agricultura biológica.

No mercado de fertilizantes para a agricultura biológica pode encontrar-se uma gama diversa de substâncias minerais que fornecem a generalidade dos nutrientes considerados essenciais para as plantas. Assim, encontrar no mercado fertilizantes autorizados para a agricultura biológica contendo fósforo, potássio, cálcio, magnésio e a generalidade dos micronutrientes não oferece grande dificuldade. No caso do fósforo, porém, não podem ser usados os superfosfatos, com maior proporção de fósforo solúvel em água, devido aos tratamentos com ácidos, mas podem ser usados fosfatos naturais moídos que, mesmo apresentando menor eficiência de uso do fósforo, resolvem o problema numa estratégia de aplicação de médio/longo prazo. O grande, e praticamente único, problema da fertilização das culturas em agricultura biológica é a adubação azotada. É, contudo, um problema difícil ou praticamente impossível de ultrapassar sem uma alteração radical dos sistemas de agricultura atuais, sobretudo quando as áreas de cultivo aumentam ou se procuram produtividades aceitavelmente elevadas.

A primeira alternativa à adubação azotada que normalmente se equaciona são os estrumes naturais, obtidos a partir da exploração de animais em regimes de total ou parcial estabulação em que se acumulem dejetos. Contudo, com a mecanização da agricultura e a especialização das explorações agrícolas, animais e cultivos vegetais deixaram, de uma maneira geral, de coexistir na mesma exploração, o que reduziu de forma significativa a importância dos estrumes na agricultura. Por um lado, nas explorações pecuárias e suas imediações, o excesso de estrumes e outros dejetos dos animais podem constituir-se como importantes focos de poluição. Por outro lado, em grande parte do território não há presentemente atividade pecuária relevante, não havendo estrumes disponíveis para as culturas. Por fim, o transporte a longas distâncias destes materiais não é técnica nem economicamente viável.

Nos mercados atuais encontra-se uma gama diversa de fertilizantes orgânicos devidamente embalados e fáceis de transportar que resultam da compostagem de detritos orgânicos (estrumes, resíduos agroindustriais, resíduos sólidos urbanos, ...) alguns dos quais podem estar autorizados para agricultura biológica, dependendo das matérias-primas originais. Alguns destes produtos são desidratados e peletizados para higienizar e facilitar a sua aplicação (Figura 5.2). No entanto, estes produtos são quantitativamente residuais, se for admitido que as áreas de agricultura biológica podem sofrer uma grande expansão nos próximos anos. São também produtos em que o processo de preparação consome muita energia, devido aos processos de desidratação, peletização e embalagem, pelo que o seu preço tende a ser elevado, o que os torna pouco interessantes do ponto de vista agronómico (Rodrigues et al., 2006).



Figura 5.2. Corretivo orgânico compostado disponível no mercado português.

Quer os estrumes de curral, quer outros recursos orgânicos disponíveis a granel resultantes de atividade agroindustrial, quer mesmo os fertilizantes compostados e embalados, não se apresentam em formulações que possam ser usadas com eficácia em grande parte da agricultura nacional. Na fruticultura, por exemplo, recomenda-se que não sejam usadas mobilizações no controlo das infestantes, devido aos diversos problemas ambientais que levantam, como a erosão ou a destruição do sistema radicular das árvores (Rodrigues e Arrobas, 2020). Contudo, quando se usam corretivos orgânicos a incorporação no solo é obrigatória pela legislação em vigor (Portaria nº 631/2009 de 9 de junho, sobre gestão de efluentes pecuários, e Despacho nº 1230/2018, que aprova o Código de Boas Práticas Agrícolas), como forma de reduzir os riscos de contaminação ambiental com a perda de azoto para a atmosfera por volatilização. A deposição de corretivos orgânicos à superfície é também, por essa razão, ineficiente do ponto de vista agronómico.

A agricultura dispõe ainda de outros recursos fertilizantes que podem ser aplicados ao solo ou por via foliar, atualmente incluídos no grupo dos bioestimulantes para as plantas [Regulamento (UE) 2019/1009, de 5 de junho]. Os bioestimulantes para as plantas incluem uma elevada diversidade de produtos, tais como aminoácidos, hormonas vegetais, extratos de algas marinhas, ácidos húmicos e fúlvicos, sais inorgânicos e microrganismos benéficos (bactérias e fungos) (Rouphael e Colla, 2020). Uma parte significativa destes produtos está também autorizada para uso em agricultura biológica. Estes produtos, contudo, contêm quantidades diminutas de nutrientes. Usados nas doses recomendadas pelo fabricante aplicam-se quantidades de nutrientes (azoto, por exemplo) sempre inferiores a $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. De notar que na adubação convencional de milho, por exemplo, podem ser usadas doses de azoto superiores a $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Assim, o efeito benéfico dos bioestimulantes nas culturas não se espera ser devido ao seu conteúdo em nutrientes, mas sim à promoção da eficiência de uso dos nutrientes do solo, regulação hormonal ou aumento de resistência da planta a stresses bióticos e abióticos (Yakhin et al., 2017). Assim, apesar dos bioestimulantes para as plantas poderem ter efeitos benéficos, eles não vão contribuir para aumento do azoto no sistema, com exceção dos que contêm microrganismos fixadores de azoto.

5.6 Alternativas aos fertilizantes em fruticultura biológica

Os estrumes não são fertilizantes que possam dar contributo relevante para a gestão da fertilidade do solo e nutrição das árvores nos pomares biológicos. Os fruticultores genericamente não criam animais e a gestão do solo sem mobilização, que atualmente se preconiza, não permite a incorporação dos estrumes. Com o uso de corretivos orgânicos compostados e embalados mantém-se o problema da incorporação no solo e estes tendem a ter preços de mercado muito elevados para serem usados em fruticultura. As explorações agrícolas que não criem animais podem dispor de outros recursos orgânicos locais, resultantes de compostagem de resíduos domésticos, relva de jardim, folhada de outono, etc. Contudo, são recursos quantitativamente limitados, que poderão, na melhor das hipóteses, dar algum contributo para a pequena horticultura que a exploração pratique. Pela limitação quantitativa e pela necessidade de serem incorporados, estes materiais também não terão grande utilidade em fruticultura.

A fruticultura biológica, desde que tenha uma escala comercial mínima (basta pensar em áreas

superiores a 1 ha), só tem uma forma de resolver o problema da restituição ao solo do azoto que sai nas colheitas que é a gestão de cobertos vegetais com leguminosas. As leguminosas têm acesso a azoto atmosférico, através de simbiose com microrganismos fixadores (Cooper e Scherer, 2012), o que lhes permite desenvolverem-se sem adição de fertilizante azotado. No fim do seu ciclo biológico podem transferir parte desse azoto para as árvores, após decomposição dos seus tecidos ricos em azoto, em particular dos sistemas radiculares (Rodrigues et al., 2015). As leguminosas podem estar presentes nos sistemas de cultivo como culturas da rotação, por exemplo em horticultura e na produção arvense. Nestes casos, podem dispensar adição de azoto para o seu crescimento e ainda contribuem com azoto residual para as culturas que se seguem na rotação. As leguminosas podem ainda ser geridas como siderações ou adubos verdes. No conceito de adubo verde pressupõe-se que à leguminosa não é dado um destino alimentar ou comercial, sendo incorporada no solo para melhorar a sua fertilidade, sobretudo para aumentar a disponibilidade de azoto. Em sistemas de agricultura em que o solo seja mobilizado (por exemplo em horticultura herbácea), a forma mais efetiva de introduzir azoto no solo é aumentando a percentagem de leguminosas na rotação e recorrendo a siderações sempre que possível. No caso dos pomares, as siderações clássicas ou adubos verdes não são tão efetivas porque o solo não deve ser mobilizado. Para fruticultura biológica só resta uma forma de se conseguir manter a concentração de azoto nos tecidos das árvores em níveis aceitáveis, que é o uso de cobertos vegetais de leguminosas anuais de ressementeira natural (Rodrigues et al., 2015). Estas planta, uma vez semeadas, podem persistir no solo por vários anos, se forem adequadamente geridas, sem necessidade de nova sementeira e contribuir para o enriquecimento do solo em azoto (Figura 5.3).



Figura 5.3. Coberto de leguminosas anuais em amendoal de sequeiro

5.7 Nota final

A agricultura biológica vai ser para micro explorações de horticultura familiar e para grandes explorações de pecuária extensiva ou existe a ilusão de que o modo de produção possa ser adotado por todos os setores da agricultura nacional?

Acreditando que a área de agricultura biológica possa aumentar em vários setores, devido do estímulo criado pelo reforço dos apoios públicos, seria conveniente que os produtores em modo biológico se mantivessem competitivos nos mercados. Contudo, conseguir produtividade em modo biológico é muito mais complexo do que entender o enquadramento sociológico do conceito de agricultura biológica. É necessário conhecimento agronómico específico, objetivo e concreto, sobre as variáveis que determinam a performance das plantas. As que estão relacionadas à fertilidade do solo não são as únicas, mas são das mais importantes.

Se as normas da agricultura biológica forem respeitadas, este modo de produção não pode existir sem estar integrado em sistemas agropecuários ou em sistemas de produção com uma forte componente de leguminosas. No caso da fruticultura, a única forma tecnicamente viável de manter o sistema sustentável é com cobertos de leguminosas de ressementeira natural, uma vez que a mobilização do solo para incorporação de adubos verdes não é recomendável, sobretudo quando os solos têm declive acentuado. Se produtores, técnicos de campo e entidades certificadoras não tiverem consciência deste fato não se augura nada de bom para o progresso da fruticultura biológica em Portugal.

Referências

Arnon D I, Stout, PP 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology*, 14: 1460–1470.

Bryson, G., Mills, H. A., Sasseville, D. N., Jones Jr., J. B., Barker, A. V. 2014. *Plant Analysis Handbook III. A Guide to Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation for Agronomic and Horticultural Crops*. Micro-Macro Publishing, Inc., Athens, GA.

Cooper JE, Scherer HW (2012) Nitrogen fixation. In: Marschner P (ed) *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Elsevier, London, UK, pp 389-408

Gilbert, N. (2009). The disappearing nutrient. *Nature*, 461, 716-718.

Havlin JL, Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD (2014) *Soil fertility and fertilizers, an introduction to nutrient management*. 8th ed., Pearson, Boston, USA.

Kirkby, E. 2012. Introduction, definition and classification of nutrients. In: Marschner, P. (Ed.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier, London, UK. pp. 3–5.

Rodrigues MA, Dimande P, Pereira E, Ferreira IQ, Freitas S, Correia CM, Moutinho-Pereira J, Arrobas M, 2015a. Early-maturing annual legumes: an option for cover cropping in rainfed olive orchards. *Nutr Cycl Agroecosyst* 103:153–166.

Rodrigues MA, Ladeira LC, Arrobas M (2018) Azotobacter-enriched organic manures to increase nitrogen fixation and crop productivity. *Eur J Agron* 93:88-94. <https://doi.org/10.1016/j.euragr.2018.08.001>

eja.2018.01.002

Rodrigues MA, Pereira A, Cabanas JE, Dias L, Pires J, Arrobas M (2006) Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. *Eur J Agron*, 25:328-335.

Rodrigues, M.A., Arrobas, M. 2020. Cover cropping for increasing fruit production and farming sustainability. In: Srivastava, A.K., Hu, C. (Eds), *Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. pp, 279-295.

Rouphael Y, Colla, G (2020). Biostimulants in agriculture. *Front Plant Sci* p. 11.

Santos, J. Q. 2015. Fertilização. Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e corretivos. Publindústria, Edições técnicas.

Yakhin OI, Lubyantsev AA, Yakhin IA and Brown PH (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front Plant Sci* 7: 2049. doi: 10.3389/fpls.2016.02049

6

Utilidade das pastagens permanentes biodiversas para uma gestão sustentável do solo em soutos

Alberto Azevedo Gomes, Regina Menino, Isabel Videira e Castro
Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.

Índice

- 6.1 Introdução
- 6.2 A gestão sustentável do solo
 - 6.2.1 Erosão e compactação do solo
 - 6.2.1.1 Minimizar a erosão do solo
 - 6.2.1.2 Minimizar a compactação do solo
 - 6.2.2 Fertilidade do solo
 - 6.2.2.1 Otimizar a fertilidade do solo
 - 6.2.3 Água no solo
 - 6.2.3.1 Otimizar a gestão da água no solo
 - 6.2.4 Matéria orgânica e biodiversidade do solo
 - 6.2.4.1 Promover a acumulação de matéria orgânica no solo
 - 6.2.4.2 Proteção da biodiversidade do solo
- 6.3 O ecossistema agro-silvo-pastoril
- 6.4 Os microrganismos do solo e as pastagens permanentes semeadas biodiversas
 - 6.4.1 Ciclo anual das PPSBRL
- 6.5 Porquê as PPSBRL em substituição da produção de forragens em modo tradicional?
 - 6.5.1 Custos de instalação e manutenção
 - 6.5.2 Produção forrageira
- 6.6 Benefícios ambientais
- Referências

6.1 Introdução

Até ao século XVII, juntamente com os cereais, o castanheiro (*Castanea sativa* Mil.) afirmou-se como base da alimentação em Portugal (tal como em outras regiões da bacia mediterrânica), posição essa que foi rapidamente preterindo em prol do milho e da batata, então aqui aportados, vindos do Novo Continente.

Para além da sua vocação frutícola, a sua vocação silvícola, pese embora a excelência da sua madeira (o “castanho”), não foi suficiente para sustentar a sua hegemonia, quer pela concorrência de outras espécies florestais, quer pela entrada no nosso país da “doença da tinta” (*Phytophthora cinnamomi* Rands), no século XIX.

Malgrado todas estas vicissitudes (a que podemos somar, ainda, o abandono a que têm sido votados os campos de cultivo e as más práticas de condução dos soutos), o castanheiro retém, ainda, uma relevância assinalável no nosso país, sendo a castanha uma das principais espécies de frutos secos, com uma exportação à volta de 4%.

Para este efeito, concorre em particular o Nordeste Transmontano (com cerca de quatro dezenas de milhar de hectares de “souto”, o que representa mais de 80% do total nacional), prolongando-se a oeste até ao Marão e a sul até ao Marvão, onde o castanheiro se afirma a partir de uma altitude acima dos cerca de 400 m, disfrutando de um clima mediterrânico com temperaturas mais baixas.

O longo período de declínio a que foi votado deixou, no entanto, sequelas; em particular no que se refere às práticas de condução dos soutos, assumidos estes como ecossistemas agro-silvo-pastoris (Salgueiro, 2008).

6.2 A gestão sustentável do solo

A FAO (2019) refere que «a gestão sustentável dos solos pode aumentar em 58% a produtividade das culturas agrícolas».

Atualmente, aproximadamente 33% dos solos do nosso planeta estão moderada ou fortemente degradados devido à erosão, redução da fertilidade, acidificação, salinização, compactação e contaminação.

O conceito de sustentabilidade é o princípio segundo o qual o uso dos recursos naturais para a satisfação de necessidades presentes não pode comprometer a satisfação das necessidades das gerações futuras, ou seja, a capacidade de o ser humano interagir com o mundo na sua globalidade, preservando o meio ambiente para não comprometer os recursos naturais das gerações futuras. Trata-se de um conceito complexo pois atende a um conjunto de variáveis interdependentes, com a capacidade de integrar as questões sociais, energéticas, económicas e ambientais.

Relativamente ao solo, de acordo com o Princípio 3 da Carta Mundial do Solo revista, “A gestão dos solos é sustentável quando se mantêm ou melhoram os serviços de suporte, de aprovisionamento, regulação e culturais que os solos proporcionam, sem comprometer significativamente as funções do solo que tornam possíveis esses mesmos serviços ou a biodiversidade.

Várias ameaças afetam os solos e dificultam a implementação da sua gestão sustentada. Face aos objetivos deste manual referem-se somente as ameaças que mais se colocam aos solos nos soutos e castiçais do Noroeste Transmontano, da Beira Interior e do Minho: erosão hídrica e eólica, a fraca cobertura vegetal, a perda de carbono orgânico, o desequilíbrio de elementos nutritivos, a acidificação e a perda de biodiversidade.

Os pontos que se referem de seguida, estão em linha com as recomendações da Assembleia Geral das Nações Unidas e com a aprovação da Carta Mundial do Solo e das Diretrizes da Agenda 2030 da EU (Guia Informativo, 2021), e que para as condições específicas de cada País, promovam a Gestão Sustentável dos respetivos solos.

6.2.1 Erosão e compactação do solo

6.2.1.1 Minimizar a erosão do solo

A erosão pela água ou pelo vento, acelerada pelas atividades humanas, é uma das maiores ameaças aos solos e aos serviços dos ecossistemas, pois reduz os recursos dos solos

disponíveis e provoca frequentemente impactos negativos a jusante, materiais e na qualidade da água, através, entre outras, da alteração do uso da terra, da redução da cobertura por plantas ou resíduos, de práticas de cultivo - redução da restituição de resíduos orgânicos e mobilização excessiva – e do pastoreio inadequado.

Principais medidas:

A - Assegurar a cobertura de vegetação ou de resíduos (orgânicos e inorgânicos) que proteja a superfície do solo da erosão

B - Evitar alterações de uso da terra que provoquem a remoção da cobertura da superfície e a perda de carbono orgânico do solo;

C - Manutenção de coberto vegetal permanente ou, pelo menos, nas épocas mais críticas;

D - Promoção da utilização de culturas de cobertura e coberturas herbáceas;

E - Rotação adequada de culturas com diferentes tipos de sistemas radiculares;

F - Implementação de práticas de mobilização de conservação, como a mobilização mínima, a mobilização na linha ou a sementeira;

G - Controlo do encabeçamento, intensidade e tempo de pastoreio;

H - Restrição à utilização de alfaías que provoquem a inversão e a mistura de horizontes do solo, a destruição dos agregados e o aumento da taxa de mineralização da matéria orgânica.

6.2.1.2 Minimizar a compactação do solo

A compactação do solo resulta da degradação da estrutura do solo pela passagem de máquinas e pelo pisoteio do gado. Consequentemente, reduz o arejamento, a infiltração, a retenção e a drenagem de água no solo e cria condições para o aumento do escoamento superficial. Prejudicial à germinação de sementes e à expansão das raízes, afeta também a biodiversidade florística e a microfauna do solo, e contribui para formação de crostas superficiais no solo.

Principais medidas:

A - Reduzir a circulação de máquinas e veículos ao essencial, tendo em atenção a potência (no sentido da dimensão e peso) dos veículos que devem ser adaptados à atividade a realizar, o tipo de rodado a utilizar, a frequência de passagens e os corredores de circulação das máquinas (controlo do tráfego); incentivar o recurso à mobilização mínima localizada e a sementeira direta; evitar as operações agrícolas e florestais quando os solos se apresentam com elevados teores de humidade;

B - Promover a cobertura do solo com vegetação semeada ou natural, ou com os resíduos orgânicos da cultura anterior;

C - Manter os níveis adequados de matéria orgânica e de estabilidade da estrutura do solo;

D - Facilitar a atividade biológica do solo e em especial a da macrofauna.

6.2.2. Fertilidade do solo

6.2.2.1 Otimizar a fertilidade do solo

A disponibilidade e a eficiência da utilização de nutrientes no solo são determinantes na gestão dos ecossistemas. A nutrição das plantas deve basear-se nas necessidades das culturas, nas características dos solos e nos padrões climáticos, podendo ser melhorada pelo ciclo de

nutrientes ou adições de fertilizantes minerais ou orgânicos.

É essencial identificar a gestão mais apropriada de nutrientes no contexto da aptidão da terra para um dado uso. A disponibilidade e o equilíbrio dos diferentes nutrientes são condições essenciais para otimizar as colheitas nas diferentes condições ecológicas.

Principais medidas:

A - Melhorar o sistema de informação sobre a fertilidade do solo. Definir classes/índices de fertilidade do solo tendo em conta a diversidade quanto aos solos, às condições climáticas e aos sistemas de agricultura e silvicultura a instalar;

B - Melhorar a fertilidade do solo. Incremento da sementeira direta e da agricultura de conservação, mínima perturbação do solo, manter os solos protegidos ou cobertos com resíduos das culturas e coberturas vivas, misturar ou consociar culturas e fazer rotações; manutenção ou reforço do teor de matéria orgânica do solo através da utilização de práticas de conservação (rotações com leguminosas, aplicação de estrumes e compostados, sideração, culturas de cobertura) e redução da mobilização do solo; definição de políticas públicas positivas para promoção da matéria orgânica do solo;

C - Melhorar a eficiência do uso de nutrientes. Utilização de corretivos orgânicos e inorgânicos, fertilizantes de libertação lenta ou controlada, reutilização de nutrientes; restringir a realização de queimadas e simultaneamente divulgar e promover técnicas alternativas que protejam a matéria orgânica do solo; regulamentação da aquisição de fertilizantes e que a sua prescrição seja apenas realizada por técnicos habilitados com competências para realizar o planeamento da fertilização; desenvolvimento e divulgação de novos e mais eficientes produtos fertilizantes.

6.2.3 Água no solo

6.2.3.1 Otimizar a gestão da água no solo

A gestão sustentável do solo associa-se estreitamente a adequadas características hidrológicas dos solos que incluem a rápida infiltração da água, a otimização da capacidade de retenção e de disponibilização de água e a facilidade de drenagem do excesso de água. Quando estas condições não se verificam ocorrerão naturalmente problemas associados ao encharcamento e à deficiência hídrica, dependentes dos padrões climáticos, das características dos solos e do relevo.

Principais medidas:

A - Uso eficiente da água. Sistema de Informação que possibilite o conhecimento das características do solo de modo a adequar as práticas culturais ao uso eficiente e às disponibilidades de água; elaboração e divulgação de um Manual de Boas Práticas de uso eficiente da água de rega; gestão da cobertura vegetal ou de resíduos, de forma a reduzir as perdas de água por evaporação/percolação; privilegiar a utilização de espécies com elevada produtividade da água; facilitar o fluxo de água no solo através da melhoria da drenagem interna e de práticas culturais que melhorem a estabilidade estrutural do solo;

B - Gestão sustentada dos recursos hídricos. Criar condições e capacitar entidades que possam auditar projetos de rega na perspetiva do cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, assegurando as funções do solo e os serviços dos ecossistemas; apoio à implementação de medidas do uso eficiente da água de rega nos regadios coletivos e individuais;

melhorar a eficiência de uso de água na rega através de adequada estimativa das reservas de água no solo, das necessidades hídricas das culturas e de técnicas que permitam reduzir as perdas de água por evaporação e percolação; implementação de Sistemas de Apoio à Decisão calibrados e adaptados às realidades locais, que permitam a rega de precisão, desenvolvendo ações de demonstração; capacitação das Associações de Produtores e Agricultores para implementação da gestão sustentada dos recursos hídricos, no âmbito das suas competências; gestão dos efeitos provocados por eventos meteorológicos extremos associados a inundações e chuvas torrenciais.

6.2.4 Matéria orgânica e biodiversidade do solo

6.2.4.1 Promover a acumulação de matéria orgânica no solo

A matéria orgânica tem um papel fundamental na manutenção das funções e na prevenção da degradação do solo. Os solos constituem um enorme armazém de carbono orgânico e têm um papel determinante no balanço entre o sequestro e as emissões de carbono para a atmosfera. Assim, a matéria orgânica do solo é estratégica para a adaptação e mitigação das alterações climáticas. Níveis apropriados de matéria orgânica no solo são indissociáveis da intensidade e diversidade da atividade biológica e de elevada estabilidade estrutural do solo e, portanto, da sua resistência à erosão.

Tais níveis associam-se à melhoria dos ciclos e da disponibilidade de nutrientes, à melhor circulação e retenção de água e ao arejamento no solo, condições indispensáveis para a fertilidade e produtividade do solo.

Principais medidas:

A – Proteger a matéria orgânica do solo. Reduzir a taxa de mineralização da matéria orgânica do solo, minimizando a intensidade de mobilização do solo; privilegiar a mobilização mínima e a sementeira direta; manter o coberto vegetal do solo e devolver os resíduos das culturas; evitar as queimadas sempre que possível e sanitariamente aconselhado, nomeadamente nas áreas agrícolas, e prevenir os fogos florestais através do controlo dos matos (por exemplo, pela utilização de corta-matos com destróador); desenvolver sistemas de monitorização da matéria orgânica do solo que se adequem aos diferentes sistemas agrários e diferentes regiões agroclimáticas;

B – Aumentar o teor de matéria orgânica. Aumentar a produção de biomassa através da melhoria da eficiência do uso da água, da minimização da erosão e da perda de nutrientes e do uso racional de pesticidas; diversificação ou rotação de culturas e utilização de culturas de cobertura, incluindo leguminosas; restringir a remoção dos resíduos de culturas agrícolas e florestais e aplicar produtos orgânicos (estrumes de origem animal, compostados devidamente processados); incorporação de matos nos solos das áreas florestais, desenvolver sistemas agroflorestais e as pastagens; promover a reflorestação e a arborização; pagamento de serviços ambientais.

6.2.4.2 Proteção da biodiversidade do solo

Os solos são um dos maiores reservatórios de biodiversidade na Terra, e os organismos que o

habitam associam-se a muitos dos serviços dos ecossistemas.

Embora não seja devidamente conhecido o grau de biodiversidade para manter as principais funções do solo, é consensual que os organismos do solo são essenciais na decomposição, transformação e estabilização da matéria orgânica no solo, na eficiência dos ciclos e da disponibilidade de nutrientes e no grau de expressão de algumas das características físicas dos solos, nomeadamente as que controlam o arejamento e a circulação de água.

Principais medidas:

A - Manter e reforçar o teor de matéria orgânica, considerando todas as práticas que evitam a perda e reforçam a quantidade de matéria orgânica no solo;

B - Conhecer o sistema biológico do solo, os principais grupos funcionais, e aqueles determinantes da qualidade do solo;

C - Desenvolver sistemas de monitorização da biodiversidade do solo no contexto dos cenários das alterações climáticas, passando pela identificação de indicadores biológicos apropriados;

D - A autorização e o uso de pesticidas nos sistemas agrícolas e florestais devem basear-se nas recomendações do ICCPM (International of Conducte on Pesticide Measurement) e na legislação nacional;

E - Sempre que apropriado, deverão ser usadas espécies leguminosas, inoculantes microbianos, micorrizas e organismos (macro, meso e microrganismos), mas tendo em devida conta a biodiversidade local;

F - Incentivar as rotações de culturas, a associação de culturas, a instalação de sebes, a manutenção de bordaduras de parcelas e os refúgios ou nichos de biodiversidade.

6.3 O ecossistema agro-silvo-pastoril

O ecossistema agro-silvo-pastoril (EASP) implica uma coabitação de três sistemas diversos, os quais deverão ser geridos de modo a que funcionem de forma harmónica e resiliente, de acordo com a função económica de cada um deles, e no respeito pelas normas ambientais.

Não menos relevante que o seu potencial económico é o seu contributo para a conservação do ambiente, especialmente no que se refere ao sequestro de carbono, à redução da emissão de gases de efeito de estufa e ao aumento da biodiversidade vegetal e animal.

Em função dos condicionalismos edáfico e climático, os parceiros da tríade produtiva são “as árvores” (no caso presente, o castanheiro), “a pastagem” (cuja estrutura se pretende estudar) e “os animais” (neste caso o porco – eventualmente - e a ovelha).

As árvores, pela deposição de uma biomassa constituída por folhas, flores e frutos, enriquecem a camada superior dos solos em matéria orgânica elaborada nas folhas, e em minerais nela acumulados após serem extraídos pelas suas raízes das camadas mais profundas do solo; deste modo, as árvores contribuem para um enriquecimento, da camada arável dos solos, em minerais e matéria orgânica e, bem assim, pelo efeito do sombreamento, para a sua conservação, para o que, não é despreciando o seu papel na contenção dos ventos e da exposição solar.

De um modo geral, os solos onde estão implantados os soutos são os que foram rejeitados para a agricultura, por serem solos ácidos, de baixa fertilidade e baixo teor em matéria orgânica. Assim, o coberto arbóreo, quando adequadamente gerido, no contexto de um EASP, constitui uma solução adequada, maximiza o rendimento potencial do solo, e a produtividade de cada um

dos três subsistemas, em função das sinergias entre eles gerados.

Nos Soutos, o uso do solo sob-coberto é um fator importante para a sua sustentabilidade e rentabilidade, pela proteção do solo e pela reciclagem de nutrientes. Estão aqui incluídas as Pastagens Permanentes Semeadas Biodiversas Ricas em Leguminosas (PPSBRL) (Figura 6.1) que fazem uso da diversidade e da complementaridade funcional das espécies de plantas para aumentar a produção vegetal. Estas pastagens são mantidas por um longo período de tempo (pelo menos durante 10 anos) e são semeadas com misturas de um grande número de sementes melhoradas e selecionadas (o número de espécies e variedades pode chegar a 20), que induzem maior adaptabilidade a variações climáticas anuais e plurianuais, proporcionando uma maior resiliência a fatores ambientais uma maior capacidade fotossintética, constituindo a solução mais adequada da “equação” (sistema agro-silvo-pastoril = produtividade + resiliência + proteção do ambiente). Este aumento da capacidade fotossintética tem igualmente um enorme impacto ambiental, pois permite uma maior remoção de CO₂ da atmosfera. Este facto verifica-se, não só pela redução das práticas de mobilização dos solos, com a nefasta consequência no acelerar do processo de degradação da matéria orgânica e a destruição do raizame superficial do estrato arbóreo, mas principalmente pela conservação e incremento sustentado da fertilidade do solo, em particular pela captura do azoto atmosférico pelas leguminosas, sempre representadas em proporção significativa e pelo sequestro do carbono pelas gramíneas.

Os animais, último termo da “equação”, desempenham igualmente um papel relevante na viabilidade económica do sistema, sendo da maior relevância uma gestão rigorosa do pastoreio, que por defeito limita o rendimento, e que por excesso degrada o equilíbrio florístico dos pastos. No caso dos soutos, tal como para os montados, os candidatos mais prováveis são o porco e a ovelha. O primeiro, preferencialmente após a colheita da castanha, para aproveitamento dos remanescentes da colheita, a segunda ao longo de todo o ano.

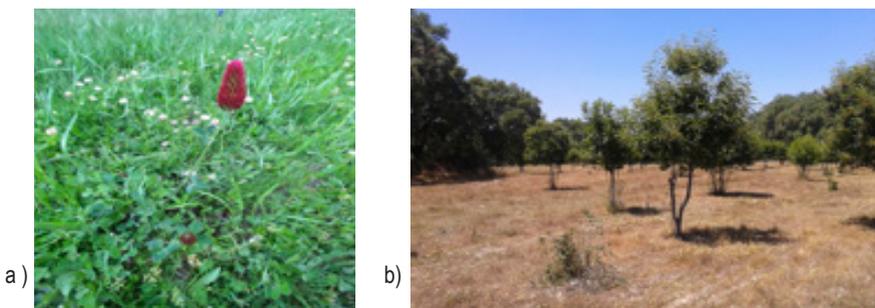


Figura 6.1. Aspeto geral da Pastagem Permanente Semeada Biodiversa Rica em Leguminosas (PPSBRL) (a) instalada em Marvão pelo projeto GO-EGIS, em finais de outubro de 2020. Em destaque observam-se trevos anuais (previamente inoculadas com rizóbios específicos) e regeneração de castanheiros (Abril de 2021). (b) Campo de ensaio do Projeto GO-EGIS antes da instalação da PPSBRL em 2019.

6.4 Os microrganismos do solo e as pastagens permanentes semeadas biodiversas

Os microrganismos do solo têm um papel fundamental na manutenção dos solos, realizando processos chave que mantêm a estrutura e fertilidade do solo. A biodiversidade dos

microrganismos do solo é muito elevada junto das raízes das plantas sendo alguns especialmente importantes pelas interações benéficas que estabelecem com as plantas influenciando o seu desenvolvimento. É o caso das bactérias fixadoras de azoto que estabelecem simbioses com plantas leguminosas.

As Pastagens Permanentes Semeadas Biodiversas são ricas em leguminosas, pois as misturas de sementes contêm uma percentagem muito elevada destas espécies de plantas (no mínimo 25%). Aqui a fixação biológica do azoto, mediada pelas simbioses entre as leguminosas e as bactérias fixadoras de azoto que existem nos nódulos radiculares (conhecidas genericamente por rizóbios), pode introduzir gratuitamente no solo quantidades consideráveis de azoto atmosférico (isto é, entre 20 e mais de 100 kg de azoto/ha/ano) numa forma ambientalmente não poluente (Ferreira e Castro, 2011). Daí o papel importante que estas bactérias têm na sustentabilidade destes ecossistemas (principalmente em solos com baixa fertilidade), através da instalação de pastagens PPSBRL com leguminosas inoculadas com rizóbios, isto é, com biofertilizantes contendo bactérias *Rhizobium* sp. (de preferência autóctones) altamente eficientes na fixação de azoto (Castro e Ferreira, 2011; Soares et al., 2016; Castro et al. 2019). Nesse sentido, a colheita de leguminosas autóctones, de vários pontos do país e em diferentes solos, e o consequente isolamento de bactérias dos nódulos radiculares tem sido efetuada no INIAV (Figura 6.2).

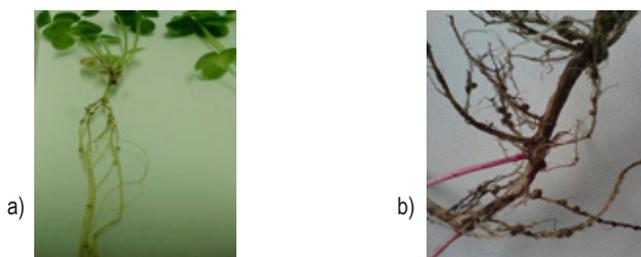


Figura 6.2a, b. Planta de trevo subterrâneo (a) e raízes mostrando os nódulos radiculares (b) onde se encontram as bactérias fixadoras de azoto (rizóbios).

As bactérias (rizóbios) isoladas têm sido testadas em diversas leguminosas em ensaios em ambiente controlado de luz, temperatura e humidade e também em ensaios de estufa e de campo, instalados principalmente em montados de sobreiro (Figura 6.3) encontram-se disponíveis para serem utilizadas como biofertilizantes das leguminosas das PPSBRL.



Figura 6.3. Imagem panorâmica da instalação de uma PPSBRL em montado de sobreiro adulto de regeneração natural (cortesia da Fertiprado).

Nestas pastagens, além de leguminosas, existem também gramíneas que contribuem para o aumento da produção e equilibram a qualidade da pastagem, que beneficiam do azoto fixado pela simbiose rizóbio/leguminosa, dispensando a utilização adubos azotados sintetizados para manterem a sua produção nos anos seguintes. As gramíneas podem também formar associações com outras bactérias do solo, coletivamente designadas por promotoras do crescimento de plantas. Muitas destas bactérias podem desempenhar outras funções relevantes para as plantas, como por exemplo, a disponibilização de fósforo ou ferro imobilizados no solo, a produção de moléculas estimulantes do crescimento, ou ainda a proteção contra situações de stresse (Castanheira et al., 2017).

Todas as características referidas contribuem para que as Pastagens Permanentes Semeadas Biodiversas Ricas em Leguminosas permitam aumentos de produtividade, e por isso disponibilizem mais alimento para os animais, providenciando também aumentos da matéria orgânica no solo, ficando estes solos menos suscetíveis à erosão, com maior capacidade de retenção de água, mais ricos em nutrientes e, conseqüentemente, mais férteis (Esteves, 2013).

6.4.1 Ciclo anual das PPSBRL

A instalação duma PPSBRL deve ser realizada entre setembro e novembro, preferencialmente após as primeiras chuvas de outono com alguma expressão.

É no outono que as sementes germinam e iniciam o seu desenvolvimento vegetativo. Dependendo da quantidade de precipitação, das temperaturas e da radiação, a pastagem pode ter um pico de produção no outono (15% a 35% da produção anual). Em anos mais secos ou naqueles que as chuvas chegam mais tarde, pode não se verificar este pico de produção.

No inverno, à medida que as temperaturas baixam e os dias vão ficando mais curtos, diminui substancialmente o crescimento da pastagem. De qualquer forma, as espécies e variedades utilizadas nestas pastagens resistem bastante bem ao frio e irão responder positivamente assim que as temperaturas começarem a subir.

Na primavera, temperaturas mais altas, maior humidade e mais radiação dão origem ao período mais ativo da pastagem. Nesta época do ano, a pastagem desenvolve-se mais, registando o pico máximo de produção (65% a 85%) da produção anual. É na primavera que as plantas vão florir e frutificar, produzindo, portanto, a semente que vai germinar no outono seguinte.

No fim da primavera, início do verão, o pico de crescimento dá lugar à formação de semente e sua maturação e à senescência das espécies anuais da pastagem. A partir desta altura já não há mais produção de pasto, pelo que a oferta alimentar para este período é a produção do período anterior que não foi consumida.

6.5 Porquê as PPSBRL em substituição da produção de forragens em modo tradicional?

As Pastagens Permanentes Semeadas Biodiversas Ricas em Leguminosas são uma inovação nacional e foram desenvolvidas a partir dos anos 70, em Portugal, pelo Eng.º David Crespo (Crespo, 1975).

6.5.1 Custos de instalação e manutenção

Os custos de instalação de forragens em modo tradicional são, em média, 45% mais baixos dos que a instalação de pastagens biodiversas. No entanto, a produção de forragens em modo tradicional repete os custos de instalação anualmente, o que não acontece com as pastagens biodiversas.

Quando comparados os dois modos de produção, num horizonte de 5 anos, mesmo considerando os custos de instalação das pastagens biodiversas, verifica-se que estas pastagens podem implicar até menos 60% dos custos.

6.5.2 Produção forrageira

As características inerentes às PPSBRL significam que estas pastagens são mais produtivas do que as de produção de forragem em modo tradicional e que isso beneficia quer a saúde dos animais, quer a produção animal. No pico máximo de produção, na primavera, a pastagem biodiversa pode atingir valores entre 50 a 120 kg de matéria seca/ha/dia.

As forragens tradicionais, baseadas em cereais e gramíneas, são muito dependentes da fertilização do solo, nomeadamente com azoto de síntese, para produzir valor nutricional, maioritariamente proteína de qualidade.

Para além da maior riqueza em proteína e da maior capacidade de fornecer alimento rico em leguminosas, ao ser constituída por espécies e cultivares com composições químicas diferentes, a pastagem biodiversa oferece aos animais um alimento mais completo e equilibrado em energia e proteína, mais rico em vitaminas e sais minerais, bem como noutros elementos interessantes, tais como ácidos alfa-linolénicos e taninos condensados que abundam em algumas espécies e que atuam como anti-timpânicos, anti-helmínticos, antidiarreicos e ainda como geradores de “proteína de by-pass”, tornando assim mais eficaz a utilização da erva pelos animais em pastoreio.

6.6 Benefícios ambientais

Ao nível do solo, a melhoria na fertilidade, nas suas características biológicas, na sua estrutura, na capacidade de infiltração da água da chuva e de retenção de água e as menores necessidades de integração de adubos azotados e de mobilizações, fazem com que os solos sejam menos sujeitos a processos de erosão, tenham maiores teores de matéria orgânica e sejam, no geral, mais férteis.

Ao reduzir a necessidade de fertilização azotada conseguem-se diminuir os seus impactos ambientais e as necessidades energéticas da pastagem, além de um mais eficaz controlo da vegetação espontânea, com consequentes reduções nos custos da manutenção da pastagem e no risco de incêndio associado ao uso do fogo para regeneração da pastagem

Os benefícios ambientais destas pastagens também se traduzem na sua elevada capacidade de sequestro de carbono. A matéria orgânica no solo representa carbono armazenado e retirado da atmosfera. Uma pastagem biodiversa pode chegar a sequestrar 5,2 t CO₂/ha/ano, mesmo considerando e deduzindo as emissões resultantes da carga animal, das plantas em

decomposição e das fertilizações iniciais.

As pastagens biodiversas contribuem para ecossistemas e paisagens mais saudáveis e podem ter um impacto muito positivo na biodiversidade e nos serviços de ecossistema que esta nos presta. O impacto positivo destas pastagens nas populações de abutres e de rapinas é um bom exemplo desta complementaridade. O facto de, com estes sistemas de produção, ser possível aumentar os números dos animais em pastoreio, significa que aumenta também a disponibilidade de alimento para estes animais, como placentas por exemplo. Em resumo, os benefícios ambientais destas pastagens verificam-se ao nível dos solos, da biodiversidade, dos ecossistemas e das paisagens. Estes sistemas de produção poderão representar um contributo decisivo no combate às alterações climáticas pela sua grande capacidade de realizar sequestro de carbono.

Estas pastagens trazem vários benefícios no que diz respeito ao combate às alterações climáticas, aos serviços de ecossistema, à biodiversidade e à agricultura sustentável.

Neste contexto, os agricultores que iniciem, desde já, o processo de conversão das suas produções de forragem em modo tradicional para pastagens semeadas biodiversas estarão a alinhar-se com estas estratégias que moldarão o futuro da agricultura na UE, a dar passos importantes e seguros no sentido da sustentabilidade e a posicionar-se de forma muito favorável para, num futuro próximo, colherem os benefícios da sua escolha.

Assim, as PPSBRL encaixam perfeitamente nas várias políticas e estratégias europeias no domínio do ambiente e da sustentabilidade como o Pacto Ecológico Europeu, a Estratégia de Biodiversidade da EU para 2030 ou a Estratégia do Prado ao Prato.

Referências

Castro I.V., Ferreira E.M. 2011. Inoculantes microbianos para leguminosas. In: Coelho, P.S., Reis, P. (Eds.). Agrorural. Contributos Científicos. Portugal, INRB, I.P. e Imprensa Nacional – Casa da Moeda, SA, 298-307.

Castro I.V., Silva M.C., Fernandez C., Colavolpe B., Machado H. 2019. The potential of nitrogen-fixing bacteria in the sustainability of agro-forestry ecosystems. In: Zúñiga-Dávila, D., González-Andrés, F., Ormeño-Orrillo, E. (Eds.). Microbial Probiotics for Agricultural Systems: Advances in Agronomic Use. Cap.5, 71-82.

Castanheira N.L., Dourado A.C., Pais I., Semedo J., Scotti-Campos P., Borges N., Carvalho G., Barreto Crespo, M.T., Fareleira P. 2017. Colonization and beneficial effects on annual ryegrass by mixed inoculation with plant growth promoting bacteria. *Microbiological Research* 198: 47-55.

Crespo D. 1975. Pastagens semeadas temporárias e permanentes de sequeiro, INIA, Oeiras, 100 pp.

Esteves L.R.P.E. 2013. A importância das pastagens na conservação de solos: o caso de Mértola. pp. 217. Dissertação de Mestrado em Gestão do Território, Faculdade de Ciências Sociais e Humana, Universidade Nova de Lisboa.

FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação). 2019. Diretrizes voluntárias para a gestão sustentável dos solos. pp. 26. Roma.

Ferreira E., Castro I.V. 2011. A produtividade e a fixação biológica do azoto de pastagens naturais em sistemas agrícolas de montado. In: Curvelo-Garcia, A.S., Horta, A.M., Belo, C.C., Rolo, J.C. (Eds.). Agrorrrural: Contributos Científicos, Cap. III: 369-381.

Guia Informativo. 2021. Manual de instalação de pastagens biodiversas. Palombar, Conservação da Natureza e do Património Rural, LifeRupis.

Salgueiro T.A. 2008. As pastagens: passado, presente e futuro. Revista de Ciências Agrárias 31 (1): 271-282.

Soares R., Arcos E., Ferreira E., Castro I.V. 2016. Microbial inoculants with autochthonous bacteria for biodiverse legume pastures in Portuguese agro-forestry ecosystems. In: González-Andrés, F., James, E. (Eds.). Biological Nitrogen Fixation and Beneficial Plant-Microbe Interaction. Cap.15, 171-182.

7

Gestão da rega na aveleira

Davide Gaião¹, Cristina Amaro da Costa^{1,2}, Daniela Teixeira Costa^{1,2}, Paula M. R. Correia^{1,2}, Raquel Guiné^{1,2}, e Helena Esteves Correia^{1,2}

¹Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Viseu

²CERNAS- Centro de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

Índice

- 7.1 Introdução
- 7.2 Sistemas de rega
 - 7.2.1 Rega de superfície
 - 7.2.2 Rega localizada
 - 7.2.2.1 Rega gota-a-gota
 - 7.2.2.2 Microaspersão
- 7.3. Condução e programação da rega
- Referências

7.1 Introdução

Os sistemas produtivos dependem estreitamente da utilização da água, que é o principal fator limitativo da produção em grande parte do mundo e que, atualmente, devido às alterações climáticas, é um recurso cada vez mais escasso (Luciani et al., 2019; Luciani et al., 2020).

Prevê-se (Luciani et al., 2019; Luciani et al., 2020) que a temperatura média anual na bacia mediterrânica seja 1,4 °C acima do valor verificado no final do século XIX (cerca de 0,4 °C superior ao aumento médio da temperatura global). Além disso, mesmo que o aquecimento global seja contido dentro de +2 °C, espera-se uma diminuição entre 10% a 30% da precipitação estival, com consequências na produtividade agrícola. (Luciani et al., 2019)

A escassez de água nas zonas mediterrânicas devido às alterações climáticas tornou-se a principal limitação à manutenção da produção de avelãs, pelo que é necessário desenvolver estratégias de irrigação para aumentar a produtividade e manter um rendimento adequado (Ortega-Farias et al., 2020).

A aveleira é uma espécie que não sendo exigente em grandes quantidades de água, é muito sensível a verões excessivamente quentes e secos, o que leva a uma redução do crescimento da parte aérea, da produção e da qualidade dos frutos (Catoni et al., 2017; Ortega-Farias et al., 2020).

Nas regiões onde a precipitação anual é inferior a 750 mm, distribuída irregularmente, e com verões quentes e secos, como é o caso de algumas regiões em Portugal, as aveleiras necessitam de rega para evitar o stress hídrico, existente por vezes desde o final da primavera e início do verão.

A falta de água disponível esta cultura provoca uma redução acentuada da fotossíntese e, conseqüentemente, reduz a produção de hidratos de carbono, afetando o rendimento.

De acordo com Tombesi (1994) a eficiência da utilização da água diminuiu durante o dia, tendo observado que, em folhas sob stress hídrico, houve uma diminuição de clorofila, dos açúcares solúveis e do amido. Em árvores eficientes, verificou-se um consumo de cerca de 2 litros de

água por dia e por metro quadrado de folha. Quase 45% da perda de água ocorreu devido à transpiração estomática, 35% à transpiração não estomática e 20% à evaporação do solo, pelo que para obter a maior assimilação pelas folhas, o teor de água do solo deve ser superior a 60% da capacidade do campo (cc), mas não demasiado, ou perder-se-á água.

O stress hídrico intervém no equilíbrio interno dos tecidos e células das plantas, nas taxas de crescimento e produtividade e pode impedir o desenvolvimento vegetativo o que consequentemente provoca a diminuição da capacidade fotossintética, o enchimento do fruto e a acumulação de reservas necessárias para o desenvolvimento das plantas no ano seguinte (Correia et al., 2017) Na aveleira, a regulação estomatológica causa a diminuição da atividade fotossintética e a cessação precoce do enchimento do fruto (Tombesi 1994; Catoni et al., 2017; Luciani et al., 2020;).

A aveleira (*Corylus avellana* L.) é uma espécie sensível ao stress hídrico ambiental, baixa humidade relativa e altas temperaturas do ar e das folhas. Estas condições induzem uma severa limitação estomatológica e reduzem a fotossíntese líquida, pelo que é necessário criar condições de abastecimento de água através da irrigação (Luciani et al., 2020).

Em novas plantações, onde as raízes ainda não estão bem desenvolvidas, a falta de água pode gerar uma percentagem importante de falhas. A reduzida capacidade inicial desta espécie para explorar maiores áreas do solo e zonas mais profundas, deve ser combatida através de uma gestão adequada da rega (Catoni et al., 2017). O mesmo autor sugere que, para aveleiras com dois anos de idade, deve ser fornecida uma quantidade de água compreendida entre metade e um quarto da cc e que esta quantidade seja fornecida no momento da emergência das folhas e durante todo o seu desenvolvimento. A condução da rega permitindo condições de défice hídrico pode ser importante para melhorar a posterior resistência das plantas à seca (Catoni et al., 2017). Alguns estudos, apontam os benefícios do mulching na fase crítica do estabelecimento da aveleira.

As necessidades de água na fase adulta são superiores a 800 mm por ano, distribuídos na primavera-verão, sendo o período crítico a época da frutificação, do desenvolvimento dos frutos e da diferenciação das flores. A deficiência de água nesta fase específica afeta o desenvolvimento vegetativo, causa dessecação, desfoliação precoce e aumenta a suscetibilidade a problemas de sanidade (Luciani et al., 2020; Catoni et al., 2017; Correia et al., 2017).

A avelã possui um ciclo anual complexo, caracterizado pela sobreposição de diferentes processos vegetativos e reprodutivos (desenvolvimento da área foliar, frutificação, enchimento de miolo, iniciação e diferenciação dos botões florais) e, por isso, a temperatura do ar e a disponibilidade de água de maio a agosto são cruciais para o seu correto desenvolvimento (Luciani et al., 2020; Catoni et al., 2017).

Portanto, a irrigação suplementar em pomares de avelãs é necessária para minimizar o impacto do stress hídrico no desempenho das culturas no final da primavera e início do verão.

Resultados obtidos por Bignami et al. (2011) demonstram que a irrigação em pomares de aveleiras melhorou o rendimento e afetou positivamente a percentagem de grão em relação aos pomares não irrigados.

Devido às necessidades hídricas que a aveleira apresenta para o correto desenvolvimento vegetativo e obtenção de rendimentos desejados, é impreterível a instalação de sistemas rega em unidades produtivas onde a precipitação não é suficiente para evitar a diminuição da reserva

de água do solo e consequentemente a indução de stress hídrico nas plantas.

Atualmente, a rega é amplamente utilizada na cultura da aveleira, como por exemplo em Nebraska (Awada & Josiah, 2007), Espanha (Gispert et al., 2005) e em Itália (Bignami et al., 2011), pois a competitividade do setor exige produções regulares, em qualidade e quantidade, sendo a rega um fator de produção fundamental para atingir estes objetivos.

7.2 Sistemas de rega

Como já referido anteriormente, principalmente as plantas recém instaladas necessitam de regas regulares por um período de pelo menos dois anos. Durante este período, associado a uma correta gestão do solo, devem-se realizar regas periódicas, de forma a humedecer ligeiramente o interior do solo e zona circundante do sistema radicular, permitindo assim a sua expansão (Beddes et al., 2011). Esta prática auxilia o estabelecimento e desenvolvimento do sistema radicular e permite a entrada em produção o mais rapidamente possível (Leuty et al., 2012). Após este período, as regas devem ser efetuadas entre a primavera e o verão, sempre que as condições do meio assim o exijam, de forma a manter os rendimentos elevados e a qualidade do fruto desejável.

Com o sistema radicular desenvolvido, cerca de 2 a 3 anos após a plantação, as regas, por norma, podem ser realizadas com menor frequência. Como o tipo de solo influencia na disponibilidade de água, a frequência da rega em solos arenosos deve ser superior que a definida para solos argilosos.

A rega deve ser utilizada principalmente em três períodos do ciclo vegetativo da aveleira. O primeiro, entre abril e junho (crescimento vegetativo), o segundo entre julho e agosto (enchimento do fruto) e o último, entre setembro e novembro (acumulação de reservas), (Silva et al., 2005; Silva, 2016). De acordo com Silva (2016), para uma região com 750 mm de precipitação, deve-se aplicar aproximadamente 2500 a 3000 m³/ha de água, repartidos entre maio e setembro, 350 a 450 L/árvore/ano (4 L/h), sendo que a situação ideal consiste na aplicação de 75% da evapotranspiração (ET) diária.

A seleção dos métodos de rega para suprimir as necessidades hídricas da cultura da aveleira é determinada por vários fatores, com por exemplo, o tipo de solo, o declive do terreno, a disponibilidade de água, orçamento disponível, etc. Atualmente, a rega da aveleira é realizada através dos seguintes métodos:

- a) Rega de superfície (Santos & Silva, 2001);
- b) Rega localizada (microrrega): rega gota-a-gota (Tous, 2005; Ellena, 2013) e microaspersão (Bound, 2007).

7.2.1 Rega de superfície

Este método de rega consiste em conduzir a água através de valas (sulcos) previamente abertas ao longo das linhas, distribuindo-a por cada planta através de caldeiras abertas, sendo que é importante evitar o contacto da água com o tronco(s) (Silva et al., 2005).

Neste tipo de rega, a água vai-se infiltrando no solo de uma forma variável, dependendo do tipo de solo, sendo mais rápido em solos arenosos e mais lento em solos argilosos. Este método

é utilizado principalmente em terrenos de pequena dimensão, planos, ou com ligeiros declives (importante para a água movimentar-se), é exigente em mão-de-obra e não requer a aquisição de equipamento de rega. Esta prática exige elevadas quantidades de água e é exigente em caudais, pelo que, pode ser utilizada em locais com água em abundância, em que o solo apresente elevada capacidade de retenção, permitindo assim elevadas dotações de rega e um maior intervalo entre as regas (Silva et al., 2005).

Contudo, considerando o cenário atual provocado pelas alterações climáticas e pela escassez de água cada vez mais acentuada, este método, que exige imensa quantidade de água e permite a perda de uma parte considerável, deve ser substituído por outros métodos mais económicos em termos de consumo de água.

7.2.2 Rega localizada (microrrega)

Ao contrário da rega de superfície, a microrrega exige a aquisição de equipamento específico e a elaboração de um correto e eficiente plano de instalação. A microrrega tem a vantagem de ser adaptável a várias condições de solo e topografias e apresentar necessidades de bombagem reduzidas (Rodrigues, 2016). Além disso, através deste tipo de rega é possível a aplicação de fertilizantes (fertirrega), o que permite a distribuição de pequenas doses ao longo do ciclo, aumentando assim a eficácia da absorção pelo sistema radicular (Silva et al., 2005). Atualmente, é o método de rega mais utilizado e com melhores resultados e menores perdas de água. Exige, no entanto, conhecimento técnico para a sua instalação e conhecimento científico para definir os momentos exatos da rega assim como as quantidades exatas para cada local.

7.2.2.1 Rega gota-a-gota

Este método consiste na instalação de um sistema de tubos com gotejadores integrados na própria tubagem, a uma distância variável, de preferência junto das plantas e por vezes entre plantas, de forma a humedecer zonas diferentes do solo e estimular o desenvolvimento do sistema radicular.

Os gotejadores podem estar montados por derivação relativamente à conduta, mas normalmente estão integrados na própria tubagem, em intervalos regulares. Por vezes, para permitir que a superfície do solo fique livre, instala-se a conduta de rega gota-a-gota uma certa distância (com arames), sendo nestes casos importante garantir a uniformidade da distribuição da água (Silva et al., 2005). Para o caso de terrenos muito acidentados e com declives acentuados, é aconselhado a utilização de gotejadores autocompensantes, pois asseguram um caudal aproximadamente constante independentemente das variações de pressão. À medida que o sistema radicular se vai expandido, é necessário modificar e ajustar a localização do gotejadores.

A utilização de gotejadores também permite a diminuição de infeções provocadas pela bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *corylina*, pois esta é disseminada através das gotas de água em contacto com os tecidos das plantas (British Columbia, 2016), o que pode ocorrer com a rega por microaspersão.

7.2.2.2 Microaspersão

Este método, que se adapta a diversas condições de solo, permite que a água seja aplicada sobre a cultura por meio de dispositivos especiais designados microaspersores, que pulverizam a água de forma localizada.

A utilização de micro aspersores favorece a perda de água por evaporação, pois os bolbos húmidos formados são maiores que os bolbos formados na rega gota-a-gota, (mais verticais). Já os caudais necessários são maiores que na rega gota-a-gota o que implica condutas de maior diâmetro e grupos de bombagem de maior potência (Silva et al., 2005).

7.3. Condução e programação da rega

Para determinar a quantidade de água a aplicar através da rega, assim como os momentos exatos a aplicar, é necessário realizar um conjunto de procedimentos:

- a) Condução da rega com base em indicadores do estado hídrico do solo:
 - Tensiómetros (Bound, 2007; Baldwin et al., 2003): A rega da aveleira deve ser iniciada com valores de 0,7 bar (70 kPa) a que corresponde um pF de 2,85 (Silva et al., 2005).
 - Sondas TDR: permitem a medição da constante dielétrica do solo.

- b) Condução da rega com base em indicadores do estado hídrico das plantas:
 - Medição do potencial hídrico foliar: muitos autores (Girona et al., 1994; Poudyal et al. 2004; Awada & Josiah, 2007) realizam a medição do potencial hídrico foliar de base e mínimo. As medições podem ser efetuadas com uma câmara de pressão do tipo descrito por Sholander et al. (1965).
 - Fluxo de seiva: Através da utilização de sensores de fluxo de seiva (Anfodillo et al., 2015).

- c) Condução da rega com base em registos das variáveis climáticas
 - Determinação da evapotranspiração de referência (ET₀) diária e posterior estimativa da ETC através do quociente entre a ET₀ e os coeficientes culturais (K_c). Para a utilização desta metodologia é importante a presença de uma estação meteorológica na parcela ou nas imediações. As equações e os procedimentos necessários estão presentes no Paper FAO56 (Allen et al., 1998).

O seguinte Quadro apresenta a percentagem eficiência dos métodos de rega utilizados na cultura da avelã, e demonstra que a rega gota-a-gota e microaspersão são os métodos mais eficientes no que diz respeito ao aproveitamento da água por parte das plantas e pela redução das perdas de água.

Quadro 1. Eficiência dos métodos de rega mais utilizados na cultura da avelã (Adaptado de Ellena, 2013).

Métodos de rega	Eficiência do método de rega (%)
Rega de superfície (sulcos)	30-60
Rega de aspersão	70-85
Microaspersão	85-90
Gotejadores	90-95

A avelã é uma das culturas mais importantes do mundo e apresenta um papel essencial na nutrição humana (Ortega-Farias et al., 2020). Devido ao crescente impacto provocado pelas alterações climáticas, estão a ser estudadas formas de reduzir a quantidade de água a aplicar através da rega, principalmente através da rega deficitária regulada (RDI). Esta metodologia consiste em reduzir o volume de água a aplicar durante as fases fenológicas menos sensíveis das culturas, mantendo um determinado stress hídrico controlado (Keen & Slavich, 2011; Ortega-Farias et al., 2012; Chai et al., 2016; Adu et al., 2018).

Este método foi testado em diversas culturas como nos citrinos e mirtilos (González-Altozano & Castel, 2000; Lobos et al., 2018), onde ficou comprovado um efeito não negativo no rendimento e qualidade. Alguns autores concluíram que as estratégias de RDI podem reduzir a aplicação de água em 20-30%, provocando um impacto mínimo na cultura do pistácio, oliveira e vinha (Girona et al., 2006; Iniesta et al., 2009; Gómez-del-Campo, 2013; Carbonell-Barrachina et al., 2015; Romero et al., 2015).

Desta forma, a adoção de rega gota-a-gota ou por microaspersão, aliado a estratégias de rega deficitária, são a solução mais viável para o atual cenário de diminuição das reservas hídricas disponíveis para a realização de regas.

Referências

- Adu, M.O., Yawson, D.O., Armah, F.A., Asare, P.A., Frimpong, K.A. 2018. Meta-analysis of crop yields of full, deficit, and partial root-zone drying irrigation. *Agric. Water. Manag.* 197, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.11.019>.
- Allen, R.G., Pereira, L., Raes, D., and Smith, M. 1998. *Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*. FAO, Irrigation and Drainage paper n° 56: 300.
- Anfodillo, T., Carraro, V., Vacca, A., De Gregori, T., and Cavallini, C. 2015. Assessing water requirements of a hazelnut plantation in Australia. *Faculty of Agriculture and Environment. A Food and Environment Conference 1-3 September, 2015*.
- Awada, T., & Scott, J. 2007. Physiological Responses of Four Hazelnut Hybrids to Water Availability in Nebraska. https://www.researchgate.net/publication/268399082_Physiological_Responses_of_Four_Hazelnut_Hybrids_to_Water_Availability_in_Nebraska
- Baldwin, B., Gilchrist, K., and Snare, L. 2003. *Hazelnut Variety – Assessment for South-eastern*

- Australia. Rural Industries Research and Development Corporation. Publication No. 03/141, Project No. US -74A.
- Baldwin, B.J. 2015. The Growth and Productivity of Hazelnut Cultivars (*Corylus avellana* L.) in Australia. Doctor of Philosophy Faculty of Rural Management University of Sydney, July 2015. Available online: <https://ses.library.usyd.edu.au/handle/2123/12892>
- Beddes, T., Renquist S., Kuhns, M., and Pace, M. 2011. Hazelnuts in the Home Orchard. Utah State University. Horticulture/Fruit/2011-01pr.
- Bignami, C., Cristofori, V. and Bertazza, G. 2011. Effects of water availability on hazelnut yield and seed composition during fruit growth. *Acta Hortic.* 922, 333-340, DOI:10.17660/ActaHortic.2011.922.43
- Bignami, C., Cristofori, V., Ghini, P. and Rugini, E. 2009. Effects of irrigation on growth and yield components of hazelnut (*Corylus avellana* L.) in Central Italy. *Acta Hortic.* 845, 309-314 DOI:10.17660/ActaHortic.2009.845.47
- Bound, S. 2007. Hazelnut Preliminary Research Plan. Tasmanian Institute of Agricultural Research.
- British Columbia. 2016. Control of Bacterial Blight of Hazelnut. <http://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/agriculture-seafood/animals-and-crops/plant-health/insects-and-plant-diseases/nuts/hazelnut-bacterial-blight>, consultado em 09/01/2017.
- Carbonell-Barrachina, Á.A., Memmi, H., Noguera-Artiaga, L., Del Carmen, A., Gijón-López, M., Ciapa, R., Pérez-López, D. 2015. Quality attributes of pistachio nuts as affected by rootstock and deficit irrigation. *J. Sci. Food Agric.* 95, 2866–2873. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7027>.
- Catoni, L., Gratani, F., Bracco, M., Granata, U. 2017. How water supply during leaf development drives water stress response in *Corylus avellana* saplings *Scientia Horticulturae*, Volume 214, Pages 122-132, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.022>.
- Chai, Q., Gan, Y., Zhao, C., Xu, H.L., Waskom, R.M., Niu, Y., Siddique, K.H.M., 2016. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0338-6>.
- Ellena, D. (ed.) 2013. Avellano europeo: Establecimiento y formación de la estructura productiva [en línea]. Temuco, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 274. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7684> (Consultado: 14 agosto 2022).
- Girona, J., Cohen, M., Mata, M., Marsal, J., and Miravete, C. 1994. Physiological, growth and yield responses of hazelnut (*Corylus avellana* L.) to different irrigation regimes. *Acta Horticulturae* 351: 463-472.
- Girona, J., Mata, M., del Campo, J., Arbonés, A., Bartra, E., Marsal, J., 2006. The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. *Irrig. Sci.* 24, 115–127. <https://doi.org/10.1007/s00271-005-0015-7>.
- Gispert, J.R., Tous, J., Romero, A., Plana, J., Gil, J. and Company, J. 2005. The influence

of different irrigation strategies and the percentage of wet soil volume on the productive and vegetative behavior of the hazelnut tree (*Corylus avellana* L.). *Acta Hort.* 686, 333-342 DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.686.47 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.686.47>

Gómez-del-Campo, M., 2013. Summer deficit irrigation in a hedgerow olive orchard cv. Arbequina: relationship between soil and tree water status, and growth and yield components. *Span. J. Agric. Res.* 11, 547–557. <https://doi.org/10.5424/sjar/2013112-3360>.

González-Altozano, P., Castel, J.R. 2000. Regulated deficit irrigation in 'Clementina de Nules' citrus trees. II: vegetative growth. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75, 388–392. <https://doi.org/10.1080/14620316.2000.11511256>

Iniesta, F., Testi, L., Orgaz, F., Villalobos, F.J. 2009. The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees. *Eur. J. Agron.* 30, 258–265. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.12.004>.

Keen, B., Slavich, P. 2011. Comparison of irrigation scheduling strategies for achieving water use efficiency in highbush blueberry. *New Zeal. J. Crop Hortic. Sci.* 40, 3–20. <https://doi.org/10.1080/01140671.2011.599398>.

Leuty, T., Galic, D., Bailey, P., Dale, A., Currie, E., and Filotas, M. 2012. Hazelnuts in Ontario - Growing, Harvesting and Food Safety. Ontario, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Fact sheet.

Lobos, T.E., Retamales, J.B., Ortega-Farías, S., Hanson, E.J., López-Olivari, R., Mora, M.L. 2018. Regulated deficit irrigation effects on physiological parameters, yield, fruit quality and antioxidants of *Vaccinium corymbosum* plants cv. Brigitta. *Irrig. Sci.* 36, 49–60. <https://doi.org/10.1007/s00271-017-0564-6>.

Luciani, E., Palliotti, A., Frioni, T., Tombesi, S., Villa, F., Zadra, C., Farinelli, D. 2019. Treatments on Tonda Giffoni Hazelnut (*Corylus avellana* L.) for the control of heat stress damages. *Hortic.* 2019, 263, 109097

Luciani, E., Palliotti, A., Frioni, T., Tombesi, S., Villa, F., Zadra, C., Farinelli, D. 2020. Kaolin treatments on Tonda Giffoni Hazelnut (*Corylus avellana* L.) for the control of heat stress damages, *Scientia Horticulturae*, Volume 263, 2020, 109097, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109097>.

Ortega-Farías, S., Villalobos-Soublett, E., Riveros-Burgosa, C., Zúñiga, M., Ahumada-Orellanad, L.E. 2020. Effect of irrigation cut-off strategies on yield, water productivity and gas exchange in a drip-irrigated hazelnut (*Corylus avellana* L. cv. Tonda di Giffoni) orchard under semiarid conditions. *Agricultural Water Management*. Volume 238, 1 August 2020, 106173

Ortega-Farías, S., Fereres, E., Sadras, V.O. 2012. Special issue on water management in grapevines. *Irrig. Sci.* 30, 335–337. <https://doi.org/10.1007/s00271-012-0356-y>.

Poudyal, K., Jha, P.K., Zobel, D.B., Thapa, C.B. 2004. Patterns of leaf conductance and water potential of five Himalayan tree species. *Tree Physiology* 24: 689-699.

- Rodrigues, P. 2016. Material disponibilizado na Unidade Curricular de Técnicas de Regadio e Hidrologia Agrícola. Instituto Politécnico de Viseu, Escola Superior Agrária.
- Romero, P., Muñoz, R.G., Fernández-Fernández, J.I., del Amor, F.M., Martínez-Cutillas, A., García-García, J. 2015. Improvement of yield and grape and wine composition in field-grown Monastrell grapevines by partial root zone irrigation, in comparison with regulated deficit irrigation. *Agric. Water Manag.* 149, 55–73. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.10.018>.
- Santos, A. Silva, A.P. 2001. Hazelnut productivity in northern Portugal. *Acta Horticulturae* 556: 97-102.
- Scholander, P., Hammel, H., Bradstreet, E., Hemmingen, A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*. 148: 339-346.
- Silva, A.P. 2016. O cultivo da aveleira. Chaves, Seminário – Oportunidade para a fileira dos frutos secos (29/01/2016).
- Silva, A.P., Santos, F.A., Santos, A.F., Sousa, V.S., Lopes, A.D., Assunção, A.V., Leme, P.C., Carvalho, J.L., Borges, O.M., Ribeiro, R.M. 2005. A aveleira. *Projeto Agro* 162: 178.
- Tombesi, A. 1994. Influence of soil water levels on assimilation and water use efficiency in Hazelnut. *Acta Horticulturae* 351: 247-255.
- Tous, J. 2005. Hazelnut production in Spain. *Acta Horticulturae* 686: 659-664

Estratégias de rega para o amendoal num clima em mudança

António Castro Ribeiro, David Santos Barreales

Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança

Índice

- 8.1 Introdução
- 8.2 Necessidades hídricas do amendoal
- 8.3 Estratégias de rega deficitária
- 8.4 Sistema de rega
- 8.5 Considerações finais
- Referências

8.1. Introdução

Nas regiões de clima mediterrânico onde a amendoeira tem uma grande expressão em termos de área cultivada e importância económica, as secas sazonais que ocorrem durante parte do seu ciclo vegetativo são frequentes e responsáveis por quebras elevadas da produtividade e perda de qualidade da amêndoa. De acordo com os estudos mais recentes sobre alterações climáticas, impactos e vulnerabilidades na Europa (EEA, 2017), nas regiões mediterrânicas são esperadas reduções significativas da precipitação, aumento da evapotranspiração, por via do aumento da temperatura e uma maior probabilidade de ocorrência de eventos extremos como ondas de calor, entre outros. Neste contexto, é previsível um agravamento das condições de secura estival e do stresse hídrico das culturas de sequeiro. A rega constitui-se assim como um dos fatores críticos para a sustentabilidade futura do amendoal, ao garantir uma maior regularidade interanual da produção, do aumento da produtividade e da qualidade da amêndoa. Contudo, devido à limitada disponibilidade de água para regadio, os produtores terão que implementar tecnologias de rega mais eficientes, aliadas a práticas de gestão da rega adequadas a um contexto de uma acentuada escassez de água.

Neste capítulo descreve-se a metodologia para a determinação das necessidades hídricas do amendoal, as diferentes estratégias de rega que podem ser implementadas num contexto de escassez de água, e as principais tecnologias de monitorização do estado hídrico das plantas. Por último, referem-se os principais aspetos a considerar sobre a instalação e manutenção dos sistemas de rega.

8.2 Necessidades hídricas do amendoal

As necessidades hídricas do amendoal correspondem à quantidade de água consumida durante o seu período vegetativo e referem-se à evapotranspiração cultural (ET_c , mm) nesse período. Podem estimar-se recorrendo aos coeficientes culturais tabelados (K_c), e à evapotranspiração de referência (ET_o , mm), que é determinada a partir das variáveis climáticas (temperatura do ar, da humidade relativa do ar, da radiação solar global e da velocidade do vento). Os coeficientes

culturais integram as características específicas da cultura e podem variar em função da densidade de plantação e do tipo de coberto do solo. No Quadro 1 apresentam-se estimativas dos coeficientes culturais para o amendoal obtidos por vários métodos e em diferentes contextos climáticos.

Quadro 1 Coeficientes culturais médios mensais para o amendoal

Meses	¹ Doorenbos e Pruitt (1977)	² Allen et al. (1998)	³ Girona (2006)	⁴ García-Tejero et al. (2015)
Março	0,50	0,40	0,40	-
Abril	0,70	0,57	0,65	0,55
Maio	0,85	0,84	0,80	0,90
Junho	0,90	0,90	0,92	1,05
Julho	0,90	0,90	0,96	1,15
Agosto	0,90	0,90	1,05	1,05
Setembro	0,80	0,90	0,85	0,8
Outubro	0,75	0,75	0,60	0,7
Novembro	0,65	0,65	0,40	-

¹Coeficientes para pomares sem cobertura do solo em regiões áridas com vento moderado a fraco.

²Coeficientes para pomares sem cobertura do solo considerando a duração das fases de desenvolvimento das regiões mediterrânicas e da Califórnia.

³Coeficientes obtidos em pomares adultos com uma produtividade de 1,8 t ha⁻¹ regado com microaspersores e com cobertura espontânea do solo.

⁴Coeficientes culturais obtidos em pomares com árvores de 4 anos com rega gota-a-gota e sem cobertura do solo.

Para a determinação da evapotranspiração da cultura de amendoais jovens ou com baixas densidades de plantação (cobertura do solo inferior a 70%) deve integrar-se ainda um coeficiente de redução (K_r) da evapotranspiração (Allen et al., 1998):

$$ET_c = K_c ET_0 K_r \quad (1)$$

O K_r relaciona-se com a projeção vertical da sombra da árvore (área sombreada) e pode ser determinado a partir da seguinte equação (Steduto et al., 2012):

$$K_r = 0,012C^2 + 2,26 C \quad (2)$$

onde C representa a percentagem de área coberta (C) que é calculada através da seguinte expressão:

$$C = 0,008 D^2 N \quad (\%) \quad (3)$$

em que D é o diâmetro médio da copa (metros) e N o número de plantas por hectare

A utilização dos coeficientes culturais tabelados requer uma apreciação cuidada e crítica das características do pomar que se pretende regar, de forma a detetar possíveis fatores que influenciem a sua variação e proceder, quando possível, ao seu ajustamento.

8.3 Estratégias de rega deficitária

A escassez de água na maioria das regiões produtoras limita a disponibilidade de água de rega para implementar uma estratégia de programação que satisfaça as necessidades plenas da cultura. Por isso, tem vindo a ser estudadas estratégias de rega que consistem na aplicação de água que satisfaça apenas parte das necessidades hídricas da cultura, ou seja, estratégias de rega deficitária (Fereris e Soriano, 2007). Para além de reduzir o impacto ambiental da atividade agrícola, a rega deficitária contribui ainda para diminuir o custo de energia que representa dois terços do custo total do regadio em Portugal, contribuindo simultaneamente para a redução da pegada carbónica associada ao funcionamento dos sistemas de rega.

A rega deficitária envolve a prática de várias estratégias que diferem no padrão (temporal, espacial, ou uma combinação de ambos) do stresse imposto à cultura. Definem-se assim as práticas mais comuns de rega deficitária: rega deficitária controlada ou regulada (RDI) que é aplicada em períodos específicos do ciclo vegetativo da cultura em que o défice hídrico não causa quebras significativas na produtividade (Egea et al., 2011). Quando é imposta durante todo o ciclo vegetativo, a rega deficitária é designada de rega deficitária sustentada (SDI). A rega parcial do sistema radicular (PRD) é uma estratégia alternativa em que deliberadamente se impõe uma heterogeneidade do humedecimento do solo, regando alternadamente apenas parte da zona radicular.

Estudos efetuados nos últimos anos, em distintos contextos climáticos, têm mostrado que a amendoeira se adapta bem a estratégias de rega deficitária (Goldhamer e Viveros, 2000; Girona et al., 2005; Goldhamer et al., 2006; Egea et al., 2013). No entanto, a resposta da amendoeira ao stresse hídrico depende do padrão e da severidade do stresse imposto (García-Tejero et al., 2019). Esta informação tem sido utilizada para implementar diferentes estratégias de rega deficitária na cultura, com o objetivo de reduzir a quantidade de água de rega aplicada, sem afetar significativamente a produtividade e melhorando a qualidade (Lipan et al., 2019). Os resultados de ensaios experimentais efetuados na amendoeira mostram que a rega deficitária tem um efeito significativo na diminuição do crescimento do tronco e do volume da copa (Egea et al., 2010). A rega deficitária controlada ou regulada (RDI) quando aplicada após terminar o crescimento do fruto, no período de acumulação de matéria seca do grão ou enchimento do grão (Fase IV, Figura 8.1), o efeito na quebra de produção é nulo (Romero et al., 2004; Stewart et al., 2011) ou pouco significativo (2 -3% no peso do grão), quando comparados com a rega plena (Goldhamer e Girona, 2012).

Estudos realizados na região de Trás-os-Montes mostram que rega deficitária controlada (35% da ETc), quando aplicada após terminar o crescimento do fruto, no período de acumulação de matéria seca do grão ou enchimento do grão (Figura 1), não tem efeitos significativos na quebra da produtividade, quando comparada com a rega plena (Prgomet et al., 2020). Como neste período as necessidades hídricas do amendoal são maiores, a redução da água aplicada na rega face às necessidades máximas traduziu-se num aumento significativo da eficiência do uso da água e na melhoria da qualidade do fruto.

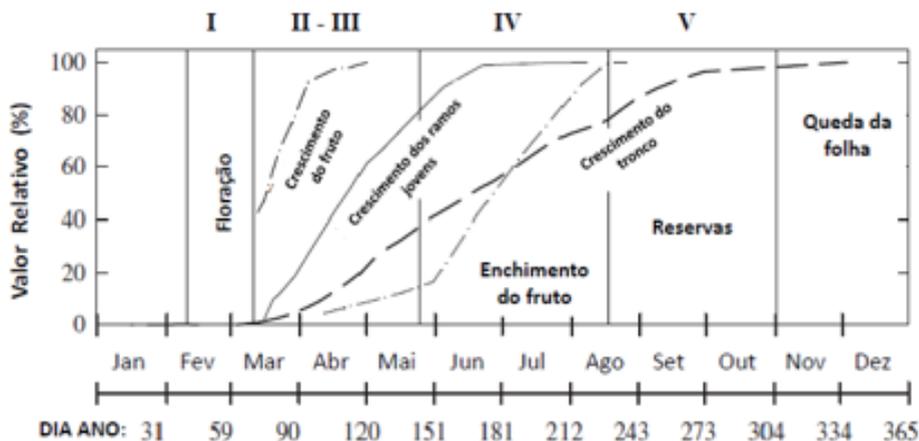


Figura 8.1 Representação esquemática do crescimento e desenvolvimento da amêndoeira (adaptado de Nortés et al., 2009).

A rega deficitária, quando comparada com o regime de sequeiro, tem efeitos positivos em parâmetros morfológicos da amêndoa com aumento do peso do miolo e da sua dimensão e sem redução significativa destes parâmetros relativamente à rega plena (Cornacchia et al., 2010; García-Tejero et al., 2020). Em relação à composição química, a rega deficitária não tem afetado negativamente os teores em ácidos gordos, açúcares, ácidos orgânicos tocoferóis e tocotrienóis, e tem mostrado uma tendência para o aumento de alguns compostos bioativos e da sua concentração (Lipan et al., 2018; Gutiérrez-Gordillo et al., 2020). Em termos sensoriais, tem-se observado que as amêndoas submetidas a rega deficitária apresentam uma melhoria dos principais parâmetros relativamente às amêndoas submetidas a uma rega plena ou excessiva (Lipan et al., 2020).

A monitorização do estado hídrico da planta é indispensável para a gestão da rega e, em particular, para uma adequada implementação de estratégias de rega deficitária. A monitorização do estado hídrico da planta apresenta-se como uma metodologia expedita que pode ser utilizada para a gestão da rega. A medição do potencial hídrico foliar ou do ramo é o indicador que melhor representa o estado hídrico da planta. Contudo, o seu valor é influenciado pelas condições meteorológicas (temperatura, radiação solar e de défice de pressão de vapor) aquando da sua medição. O potencial do ramo é medido em folhas previamente envoltas por um saco plástico (período de cerca de 1 hora) e cobertas por uma folha de alumínio para evitar a transpiração. A câmara de pressão (Figura 8.2), pela sua facilidade de transporte, simplicidade de montagem e de operacionalidade, é o método mais utilizado para medir o potencial hídrico em condições de campo.



Figura 8.2 Câmara de pressão (esquerda) e folha coberta para posterior medição do potencial hídrico do ramo (direita)

Os valores do potencial hídrico do ramo para amendoeiras bem regadas, durante os meses de verão (julho-setembro) podem variar entre -0,5 e -1,0 MPa. Valores entre -1,4 e -1,8 durante a fase de enchimento do fruto são indicativos de um stresse hídrico moderado e sem influência significativa na quebra de produção (Stewart, 2011). Nessa fase, um potencial hídrico foliar inferior a -2,0 MPa indica uma condição de stresse hídrico severo e abaixo do qual há um decréscimo significativo da produção. Em condições de extrema seca os valores de potencial hídrico do ramo podem atingir valores de -4,0 MPa com uma quebra da produção de cerca de 60% (Romero et al., 2004).

A medição da temperatura da canópia, ao nível da planta ou de forma remota, é outro método de avaliação indireto do stresse hídrico da cultura que apresenta um enorme potencial como indicador para a gestão da rega (García-Tejero et al., 2018; Gutiérrez-Gordillo et al., 2020). O método baseia-se no princípio de que, à medida que a disponibilidade da água no solo fica limitada, há uma redução da transpiração e um consequente aumento da temperatura das folhas. A temperatura pode ser medida à superfície, utilizando termómetros de infravermelhos, ou remotamente por aeronaves não tripuladas equipadas com câmaras de infravermelhos para aquisição de imagens térmicas. Para a avaliação do stresse hídrico da planta a partir da temperatura da canópia calcula-se geralmente o índice de stresse hídrico da cultura (CWSI) que apresenta uma boa correlação com outros parâmetros fisiológicos de avaliação do stresse, excepto em condições de stresse muito moderado ou incipiente (Gutiérrez-Gordillo et al., 2021). Nos últimos anos têm sido desenvolvidas novas tecnologias de avaliação do estado hídrico das plantas e em particular da amendoeira que se encontram em fases diferentes de aplicação prática generalizada. Destacam-se a medição da variação diária do diâmetro do tronco (Goldhamer e Fereres, 2004; Egea et al., 2009; Puerto et al., 2013), a medição da taxa de transpiração através da medição indireta do fluxo da seiva no xilema (Nortes et al., 2008) ou a medição de parâmetros fisiológicos como a condutância estomática (Romero e Botía, 2006).

8.4. Sistema de rega

De entre os métodos de rega que poderão ser instalados no amendoal, a rega localizada ou microrrega, em particular a rega gota-a-gota, é o método que melhor se adapta à cultura e à implementação de diferentes estratégias de rega. As vantagens relacionam-se com o seu potencial para reduzir tanto a procura de água como os custos que estão associados à rega, nomeadamente os de mão-de obra (Pereira, 2004). Adapta-se a todo o tipo de topografia de terreno e tipos de solo, permite a aplicação de fertilizantes na água de rega (fertirrigação) e a sua aplicação localizada na zona radicular contribui para uma elevada eficiência do uso da água. Apesar das vantagens, apresenta algumas limitações que importa considerar para que a rega possa ser realizada aproveitando as potencialidades do sistema. Assim, devido à reduzida dimensão dos orifícios (gotejadores), a obstrução por partículas minerais ou orgânicas, por falta de uma adequada filtração da água, ou pela formação de precipitados (óxido de ferro e carbonato de cálcio) por falta de tratamento químico para prevenir ou corrigir estas causas, conduz à redução ou interrupção do caudal com diminuição da uniformidade da rega e prejuízos para a cultura.

O sistema de rega deve ser dimensionado considerando as necessidades de rega da cultura e contemplar todos os elementos e automatismos indispensáveis à otimização do seu funcionamento. O tipo de equipamentos a instalar, nomeadamente os de filtração da água, devem ser adequados às características da água de rega e ao caudal. O sistema de bombagem deve ter em consideração o tipo de energia que será utilizado e a sua potência, assim como os restantes elementos do sistema (caudal dos emissores, número de emissores por planta, número de sectores de rega, etc.) deverão ser dimensionados para período de ponta, ou crítico, no que respeita às necessidades de rega. Quando isso não se verifica, situação que é bastante frequente, o sistema de rega não permite aplicar as dotações correspondentes ao período de maiores necessidades de rega.

8.5. Considerações finais

A gestão da rega no amendoal deve ser ajustada à disponibilidade de água e às condições meteorológicas prevaletentes ao longo do ciclo vegetativo. Nas primeiras fases do ciclo vegetativo é fundamental assegurar disponibilidade de água. Nas condições de clima mediterrânico, a precipitação que ocorre no final de inverno e início da primavera é geralmente suficiente para assegurar as necessidades hídricas da cultura nesta primeira fase. Contudo, devido à grande diversidade que se pode verificar entre amendoais relativamente à água disponível total do solo, que é função da textura do solo e da sua profundidade, em anos com um inverno e primavera mais secos é fundamental monitorizar o estado hídrico da cultura nas fases iniciais e avaliar a necessidade de iniciar a rega mais precocemente, considerando a importância de satisfazer as necessidades hídricas da cultura nas primeiras fases do seu ciclo. A utilização de indicadores de stresse hídrico e térmico da planta é fundamental para uma adequada gestão da rega deficitária com o objetivo de maximizar a eficiência no uso da água e a obtenção de produtos hidrosustentáveis.

Referências

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., y Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome.
- Cornacchia, R., Amodio, M.L., Colelli, G., Tortosa, P.A.N., 2010. Effect of Irrigation Water Reduction Strategies on Quality at Harvest and during Storage of In-Shell Almonds. In: In: Erkan, M., Aksoy, U. (Eds.), *VI International Postharvest Symposium*, vol. 1. Int. Soc. Horticultural Science, Leuven, pp. 251–259.
- EEA. 2017. Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. 2017. European Environment Agency. EEA Report. Copenhagen, Denmark.
- Egea G., González-Real M.M., Baille A., Nortes P.A., Sánchez-Bel P., Domingo R., 2009. The effects of contrasted deficit irrigation strategies on the fruit growth and kernel quality of mature almond trees. *Agricultural Water Management* 96, 1605–1614
- Egea G., Nortes P.A., González-Real M.M., Baille A., Domingo R., 2010. Agronomic response and water productivity of almond trees under contrasted deficit irrigation regimes. *Agricultural Water Management* 97, 171–181.
- Egea, G., Nortes, P.A., Domingo, R. Baille, A., Peres-Pastor, A. González-Real, M.M., 2013. Almond agronomic response to long-term deficit irrigation applied since orchard establishment. *Irrig. Sci.* 31, 445–454.
- Fereres E., Soriano A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Bot.* 58,147–159.
- García-Tejero, I.F., Gutiérrez Gordillo, S., Souza, L., Cuadros-Tavira, S., Zuazo, V.H., 2019. Fostering sustainable water use in almond (*Prunus dulcis* Mill.) orchards in a semi-arid Mediterranean environment, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65:2, 164-181.
- García-Tejero, I.F.; Lipan, L.; Gutiérrez-Gordillo, S.; Durán Zuazo, V.H.; Jančo, I.; Hernández, F.; Rodríguez, B.C.; Carbonell-Barrachina, Á.A. Deficit irrigation and its implications for HydroSOSustainable almond production. *Agronomy* 2020, 10, 1632.
- Girona, J. 2006. La respuesta del cultivo del almendro al riego. *Vida Rural* 234, 12-16.
- Girona, J., Mata, M., Marsal, J., 2005. Regulated deficit irrigation during the kernel-filling period and optimal irrigation rates in almond. *Agric. Water Management* 75,152-167.
- Goldhamer D.A., Viveros M., 2000) Effects of preharvest irrigation cutoff durations and postharvest water deprivation on almond tree performance. *Irrigation Science* 19, 125–131.
- Goldhamer, D.A., Fereres, E., 2004. Irrigation scheduling of almond trees with trunk diameter sensors. *Irrigation Science* 23, 11-19.
- Goldhamer, D.A., Viveros, M. and Salinas, M., 2006. Regulated deficit irrigation in almonds: effects of variations in applied water and stress timing on yield and yield components. *Irrig. Sci.* 24,101-114.

- Goldhamer, D.A., Girona, J., 2012. Almond In: Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., Raes, D. 2012. Crop yield response to water. Irrigation and Drainage Paper Nr. 66, FAO, Rome, Italy.
- Gutiérrez-Gordillo, V.H., Durán-Zuazo, I., García-Tejero, 2019. Response of three almond cultivars subjected to different irrigation regimes in Guadalquivir river basin. *Agricultural Water Management* 222, 72-81.
- Gutiérrez-Gordillo, S.; Lipan, L.; Zuazo, V.H.D.; Sendra, E.; Hernández, F.; Hernández-Zazueta, M.S.; Carbonell-Barrachina, A.; García-Tejero, I.F. Deficit Irrigation as a Suitable Strategy to Enhance the Nutritional Composition of HydroSOS Almonds. *Water* 2020, 12, 3336.
- Lipan, L., Sánchez Rodríguez, L., Collado González, J., Sendra, Esther, Burló, Francisco, Hernández, F., Vodnar, D.C., Carbonell Barrachina, A.A., 2018. Sustainability of the legal endowments of water in almond trees and a new generation of high quality hydrosustainable almonds. – a review. *Bull. USAMV. Food Sci. Technol.* 75, 98–108.
- Lipan, L., Martín-Palomob, M.J., Sánchez-Rodríguez, L., Cano-Lamadrid, M., Sendra, E., Hernández, F. Burló, F., Vázquez-Araújo, L., Andreu, L., Carbonell-Barrachina, A.A., 2019. Almond fruit quality can be improved by means of deficit irrigation strategies. *Agricultural Water Management* 217, 236-242.
- Lipan, L.; García-Tejero, I.F.; Gutiérrez-Gordillo, S.; Demirbaş, N.; Sendra, E.; Hernandez, F.; Zuazo, V.H.D.; Carbonell-Barrachina, A. Enhancing Nut Quality Parameters and Sensory Profiles in Three Almond Cultivars by Different Irrigation Regimes. *J. Agric. Food Chem.* 2020, 68, 2316–2328.
- Nortes P.A., Baille A., Egea G., González-Real M.M., Domingo R., 2008. Comparison of almond tree transpiration determined by sap flow measurements and lysimetry, in VII International Workshop on Sap Flow, ed. by Fernández E and Diaz-Espejo A. *Acta Horticulturae (ISHS)* 846, Seville, Spain, pp. 359–366.
- Nortes P.A., González-Real M.M., Egea G., Baille A., 2009. Seasonal effects of deficit irrigation on leaf photosynthetic traits of fruiting and non-fruiting shoots in almond trees. *Tree Physiology* 29, 375–388.
- Pereira, L.S., 2004. Necessidades de água e métodos de rega. Europa-América, Lisboa.
- Puerto, P.; Domingo, R.; Torres, R.; Pérez-Pastor, A., García-Riquelme, M., 2013. Remote management of deficit irrigation in almond trees based on maximum daily trunk shrinkage. *Water relations and yield. Agricultural Water Management* 126, 33-45.
- Romero, P., Botía, P., 2006. Daily and seasonal patterns of leaf water relations and gas exchange of regulated deficit-irrigated almond trees under semiarid conditions. *Environmental and Experimental Botany* 56, 158-173.
- Romero, P., Botía, P. y García, F., 2004. Effects of regulated deficit irrigation under subsurface drip irrigation conditions on vegetative development and yield of mature almond trees. *Plant and Soil* 260, 169-181.

Prgomet, I., Pascual-Seva, N., Morais, M.C., Aires, A., Barreales, D., Ribeiro, A.C., Silva, A.P., Barros, A., Gonçalves, B. 2020. Physiological and biochemical performance of almond trees under deficit irrigation. *Scientia Horticulturae*, 261, doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108990

Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., Raes, D., 2012. Crop yield response to water. *Irrigation and Drainage Paper Nr. 66*, FAO, Rome, Italy.

Stewart, W., Fulton, A, Krueger, W.H., Lampinen, B.D. and Shackel, K.A., 2011. Regulated deficit irrigation reduces water use of almonds without affecting yield. *California Agriculture* 65, 90–95.

9

Aplicação de algas marinhas em caldas foliares

M. Ângelo Rodrigues¹, Carlos M. Correia², Margarida Arrobas¹

¹ Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança

² Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Índice

9.1 Introdução

9.2 As algas marinhas como promotoras do crescimento das plantas

9.3 As algas marinhas como bioestimulante para as plantas

9.4 Utilização potencial de extratos de algas marinhas na fruticultura de sequeiro

9.5 Nota final

Referências

9.1 Introdução

A utilização de algas marinhas como alimento ou fertilizante agrícola é ancestral. Nos últimos anos elas têm surgido no mercado dos fertilizantes sobretudo na forma de extrato para aplicação ao solo, na água de rega, ou por via foliar. A sua concentração em nutrientes é diminuta e as doses aplicadas muito baixas, pelo que os seus efeitos nas plantas não serão devidos ao fornecimento de nutrientes. Nos últimos anos estes produtos têm vindo a ser designados de bioestimulantes e assume-se que têm um efeito positivo nas plantas para além da sua concentração em nutrientes. A designação de “bioestimulante para as plantas” foi recentemente adotada pela União Europeia, que passou a integrar uma grande diversidade de produtos para uso agrícola, incluindo os que contêm microrganismos benéficos. O uso crescente de produtos comerciais contendo algas marinhas na agricultura justifica que a investigação lhe dê atenção para que os produtores possam tirar o melhor partido do seu uso.

9.2 As algas marinhas como promotoras do crescimento das plantas

As macroalgas marinhas constituem um grupo vasto de mais de 10.000 espécies, dispersas pelos grupos feófitas (algas castanhas, filo Ochrophyta), rodófitas (algas vermelhas, filo Rhodophyta) e clorófitas (algas verdes, Chlorophyta) (Goñi et al., 2020). Sendo autotróficas, têm um papel relevante na ecologia dos oceanos como alimento e abrigo de uma grande diversidade de outros organismos. A primeira evidência do uso humano de algas marinhas foi encontrada em restos orgânicos com 15.000 anos no sul do Chile, onde um antigo grupo migratório de origem costeira se estabeleceu e terá utilizado algas na sua alimentação (Dillehay et al., 2008). Textos antigos e estudos etnográficos diversos têm revelado que as algas marinhas foram usadas pelo homem ao longo dos tempos e em diversas civilizações, não só na alimentação, mas também como medicamento, em cosméticos, tinturarias e como fertilizante agrícola (Battacharyya et al., 2015). Em Portugal, o seu uso como fertilizante agrícola terá sido, contudo, o mais generalizado (Pereira e Cotas, 2020).

O valor fertilizante reconhecido às algas marinhas tem vindo a aumentar o seu uso na agricultura e diversificado as formas de utilização. Para além da sua aplicação como corretivo orgânico

diretamente ao solo, a partir da segunda metade do século XX ganhou importância o uso de extratos à base de algas para aplicação por via foliar, na água de rega ou em hidroponia. Com extratos usam-se quantidades muito pequenas de matéria-prima o que permite generalizar o seu uso a regiões afastadas das zonas costeiras. No formato de extratos, a quantidade de nutrientes aplicados por unidade de área é insignificante para poder influenciar o crescimento das plantas pelo seu baixo conteúdo em nutrientes. Contudo, tem vindo a ser demonstrado que os extratos de algas marinhas têm capacidade para estimular o crescimento das plantas, sendo os seus efeitos mediados por promotores de crescimento e elicitores (Rouphael e Colla, 2020).

Algumas algas marinhas contêm diversos compostos com atividade hormonal, designadamente auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico, poliamidas, polissacáridos e compostos fenólicos (du Jardin et al., 2020). Para além disso, há também evidência de que os efeitos hormonais dos extratos de algas marinhas se explicam, em grande medida, por regulação negativa e positiva (down and upregulation) dos genes de biossíntese das hormonas nos tecidos das plantas e em menor extensão pelo conteúdo hormonal original dos extratos de algas (du Jardin, 2015; De Saeger et al., 2020).

9.3 As algas marinhas como bioestimulante para as plantas

As algas marinhas utilizadas na forma de extrato para aplicação ao solo ou em caldas foliares não devem ser vistas como fertilizantes, devido à reduzida quantidade de nutrientes que contêm. Estes produtos são normalmente incluídos no grupo dos bioestimulantes. O conceito “bioestimulante das plantas” tem sido difícil de estabelecer, embora venha sendo utilizado há alguns anos a esta parte em contextos variados. Nele se têm incluído, para além de extratos de algas, ácidos húmicos e fúlvicos, extratos de plantas, hidrolisados de proteínas e outros compostos azotados (com grande destaque para aminoácidos), quitosano e outros biopolímeros e compostos inorgânicos diversos (fosfito, silício, ...). Recentemente, tem sido defendido que o conceito deve incluir produtos contendo microrganismos benéficos (bactérias e fungos), habitualmente referidos como biofertilizantes. Assim, um bioestimulante das plantas é um produto que contém substâncias e/ou microrganismos cuja função, quando aplicado às plantas ou à rizosfera, é estimular processos naturais que beneficiem a absorção e a eficiência de uso de nutrientes, favorecem a tolerância a stresses abióticos e/ou a qualidade das plantas (Colla e Rouphael, 2015; Shukla et al., 2019; du Jardin et al., 2020).

A União Europeia reconheceu recentemente os bioestimulantes das plantas como uma categoria distinta dentro dos produtos fertilizantes, em regulamento publicado em 25 de junho de 2019 no jornal oficial da União Europeia [Regulamento (UE) 2019/1009, de 5 de junho]. De acordo com a nova regulamentação, um bioestimulante para plantas é um produto fertilizante UE cuja função é estimular os processos de nutrição das plantas, independentemente do teor de nutrientes do produto, com o único objetivo de melhorar pelo menos uma das seguintes características das plantas ou da sua rizosfera: a) eficiência na utilização de nutrientes; b) tolerância ao stress abiótico; c) características de qualidade; ou d) disponibilidade de nutrientes no solo ou na rizosfera. Dos bioestimulantes para plantas não se espera uma ação direta sobre pragas ou doenças ainda que se tenha verificado que alguns podem melhorar a tolerância das plantas a stresses bióticos (Gunupuru et al., 2019; Patel et al., 2020). De qualquer forma, a legislação

européia considera que os bioestimulantes são, por natureza, mais semelhantes aos produtos fertilizantes do que à maioria dos produtos fitofarmacêuticos. Os seus efeitos complementam os fertilizantes e têm por objetivo otimizar a eficiência destes e reduzir as quantidades de fertilizantes a aplicar.

De uma forma global, espera-se que o mercado dos bioestimulantes das plantas cresça a uma taxa de 12,3% ao ano e que possa atingir o valor de 5,5 mil milhões de dólares em 2027 (Carmody et al., 2020). Atualmente, os extratos de algas de uso mais generalizado são obtidos a partir da espécie *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolies. Vasta literatura tem evidenciado que os extratos destas algas podem beneficiar as plantas em diversos aspetos, aumentando a sua tolerância à salinidade (Shukla et al., 2019), a temperaturas elevadas (Carmody et al., 2020), a stresse hídrico (Xu e Leskovar, 2015; Goñi et al., 2018) e/ou aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos (Taskos et al., 2019; Viencz et al., 2020). Referências relativas à redução da incidência de doenças também são comuns. Gunupuru et al. (2019), por exemplo, reportaram redução de incidência de podridão cinzenta em ameixeiras e Patel et al. (2020) uma melhor ativação das defesas do feijoeiro contra o oídio. É também frequente um produto bioestimulante comercial conter misturas de diversas substâncias ou o mesmo produto ser recomendando tanto para aplicação foliar como ao solo, obtendo-se por vezes sinergismos benéficos para as plantas no uso destas misturas (Sandepogu et al., 2019).

9.4 Utilização potencial de extratos de algas marinhas na fruticultura de sequeiro

No interior Norte de Portugal, o setor dos frutos secos, com particular destaque para a amendoeira, está instalado em solos de fertilidade muito reduzida (Figura 9.1). As principais fragilidades edáficas são causadas por um declive das parcelas geralmente elevado, habitualmente destinadas a estes pomares, cujos solos, devido a erosão contínua, apresentam espessura efetiva muito reduzida, bem como teores de argila e matéria orgânica muito baixos. Daqui resulta o principal constrangimento ao desenvolvimento das árvores que é a reduzida capacidade de armazenamento de água, tendo em conta que esta é uma agricultura quase integralmente de sequeiro. Os aspetos referidos, associados à acidez dos solos e à reduzida disponibilidade de alguns nutrientes importantes, fazem com que estes agro-sistemas tenham fraca produtividade primária. Deve também acrescentar-se que no contexto do aquecimento global é expectável que as condições ambientais se agravem, com aumento das vagas de calor e redução da precipitação anual (Quinteiro et al., 2019). Neste cenário, a técnica cultural deve estar em permanente adaptação a um ambiente em mudança (Correia e Rodrigues, 2020).

Os extratos de algas marinhas são conhecidos por melhorarem o desempenho das plantas, sobretudo em situações de stresse abiótico. No plano teórico, os pomares de sequeiro poderiam beneficiar com a utilização destes fatores de produção tendo em conta as fortes restrições ecológicas em que são cultivados. Contudo, grande parte da investigação que tem sido feita com algas marinhas ocorreu em ambiente muito controlado, em vasos ou em estufa. Em escala comercial é mais difícil obter resposta das plantas à aplicação destes produtos (Afonso et al., 2021). Na aplicação à escala comercial há muitos aspetos que têm de ser otimizados para que se possa tirar partido efetivo da sua utilização. Pouco ou nada se sabe sobre as melhores datas (estados fenológicos) e momentos (hora do dia) de aplicação ou por quanto tempo persiste

o efeito do produto e qual a frequência de aplicação mais adequada. A gama de produtos no mercado também é muito diversa, dependendo das marcas, não sendo crível que todos tenham efeito similar. É também comum em produtos comerciais a combinação de várias substâncias com efeito bioestimulante, o que dificulta a avaliação separada de cada constituinte podendo mesmo haver efeitos sinérgicos entre eles. Por outro lado, os produtos têm um custo de mercado tendencialmente elevado. Tem sempre de se avaliar se o retorno em produtividade ou no valor da produção compensa o investimento no produto e na sua aplicação.



Figura 9.1. Amendoal se sequeiro instalado em solo de baixa fertilidade

9.5 Nota final

A presença no mercado nacional de fertilizantes de produtos contendo extratos de algas marinhas é significativa. Eles aparecem em formulações para aplicação de caldas foliares, mas também para aplicação ao solo, sobretudo na água de rega. O marketing destes produtos é relativamente fácil, porque podem ser comercializados como produtos inovadores e tem por base as algas marinhas, um produto fertilizante de valor inquestionável. Contudo, aquilo que se aplica não são diretamente as algas, mas extratos obtidos a partir delas, sendo as quantidades aplicadas realmente diminutas. Os extratos de algas podem ser aplicados em doses de 3 a 4 litros por hectare. Não há ainda estudos independentes suficientes que permitam assegurar que resulta sempre um benefício para o produtor da sua aplicação, pelo que é muito importante intensificarem-se estudos que façam alguma luz sobre este importante setor do mercado dos fertilizantes, hoje designados de bioestimulantes para as plantas. Para os produtores eles são fatores de produção, têm um custo assegurado (do produto e da aplicação), mas ninguém pode assegurar um retorno quantificado.

Referências

- Afonso, S., Arrobas, M., Rodrigues, M.Â. 2021. Response of Hops to Algae-Based and Nutrient-Rich Foliar Sprays. *Agriculture* 11, 798. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080798>
- Battacharyya D, Babgohari MZ, Rathor P, Prithiviraj B (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Sci Hortic* 196: 39–48.
- Carmody N, Goñi O, Łangowski Ł and O’Connell S (2020). Ascophyllum nodosum extract biostimulant processing and its impact on enhancing heat stress tolerance during tomato fruit set. *Front Plant Sci* 11:807.
- Colla G, Rouphael Y (2015). Biostimulants in horticulture. *Sci Hortic* 196: 1–2.
- Correia CM, Rodrigues MA (2020). Alterações climáticas e degradação do solo no interior de Portugal: um cocktail explosivo para as culturas perenes. *Revista Agrotec* 36 (Setembro): 4-7.
- De Saeger J, Van Praet S, Vereecke D, Park J, Jacques S, Han T, Depuydt S (2020). Toward the molecular understanding of the action mechanism of Ascophyllum nodosum extracts on plants. *J Appl Phycol* 32: 573–597.
- Dillehay TD, Ramirez C, Pino M, Collins MB, Rossen J, Pino-Navarro JD (2008). Monte Verde: seaweed food, medicine, and the peopling of South America. *Sci* 320: 784–789.
- du Jardin P (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci Hortic* 196: 3–14.
- du Jardin P, Xu L, Geelen D (2020). Agricultural functions and action mechanisms of plant biostimulants (PBs): An introduction. In: Geelen D, Xu L (eds). *The Chemical Biology of Plant Biostimulants*. Wiley, NJ, USA, p. 3-29.
- Goñi O, Quille P, O’Connell S (2018). Ascophyllum nodosum extract biostimulants and their role

in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants. *Plant Physiol Biochem* 126: 63–73.

Goñi O, Quille P, O'Connell S (2020). Seaweed Carbohydrates. In: Geelen D, Xu L (eds). *The Chemical Biology of Plant Biostimulants*. Wiley, NJ, USA, p. 57-94.

Gunupuru LR, Patel JS, Sumarah MW, Renaud JB, Mantin EG, Prithiviraj B (2019). A plant biostimulant made from the marine brown algae *Ascophyllum nodosum* and chitosan reduce *Fusarium* head blight and mycotoxin contamination in wheat. *PLoS ONE* 14(9): e0220562.

Patel JS, Selvaraj V, Gunupuru LR, Rathor PK, Prithiviraj B. (2020). Combined application of *Ascophyllum nodosum* extract and chitosan synergistically activates host-defense of peas against powdery mildew. *BMC Plant Biol* 20:113.

Pereira L, Cotas J (2020). Historical Use of Seaweed as an Agricultural Fertilizer in the European Atlantic Area. In: Pereira L, Bahcevandziev K, Joshi NH (eds). *Seaweeds as Plant fertilizers, and Agricultural Biostimulants and Animal Feeder*. CRC Press, NW, USA, p. 1-22.

Quinteiro P, Rafael S, Vicente B, Marta-Almeida M, Rocha A, Arroja L, Dias AC (2019). Mapping green water scarcity under climate change: A case study of Portugal. *Sci Total Environ* 696:134024.

Rouphael Y, Colla, G (2020). Biostimulants in agriculture. *Front Plant Sci* p. 11.

Sandepogu M, Shukla PS, Asiedu S, Yurgel S, Prithiviraj B (2019). Combination of *Ascophyllum nodosum* extract and humic acid improve early growth and reduces post-harvest loss of lettuce and spinach. *Agriculture* 9: 240.

Shukla PS, Mantin EG, Adil M, Bajpai S, Critchley AT, Prithiviraj B (2019). *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Front. Plant Sci.* 10: 655.

Taskos D, Stamatiadis S, Yvin J-C, Jamois F (2019). Effects of an *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. extract on grapevine yield and berry composition of a Merlot vineyard. *Sci Hortic* 250: 27–32.

Vienz T, Oliari ICR, Ayub RA, Faria CMDR, Botelho RV (2020). Postharvest quality and brown rot incidence in plums treated with *Ascophyllum nodosum* extract. *Ciênc Agrár (Londrina)* 41(3): 753-766.

Xu C, Leskovar DI (2015). Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. *Sci. Hortic.* 183: 39–47.

10

Aplicação de hidrolisados de proteína em caldas foliares

M. Ângelo Rodrigues¹, Carlos M. Correia², Margarida Arrobas¹

¹ Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança

² Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Índice

10.1 Introdução

10.2 Hidrolisados de proteína como produtos fertilizantes na União Europeia

10.3 Efeitos dos hidrolisados de proteína nas plantas

10.4 Problemas e necessidades de investigação

10.5 Nota final

Referências

10.1 Introdução

Os hidrolisados de proteína e diversos outros compostos azotados extraídos de subprodutos de origem animal ou vegetal têm vindo a ter uma presença crescente na alimentação humana e nas rações para animais, bem como em produtos para a nutrição das plantas. As versões comerciais mais comuns destinadas à nutrição vegetal surgem como produtos ricos em aminoácidos livres e péptidos, e são sobretudo recomendados para aplicação foliar, embora alguns sejam também recomendados para fertirrega e hidroponia. A gama presente no mercado é extensa e de composição por vezes muito complexa, uma vez que os produtos comerciais contendo aminoácidos resultam frequentemente de misturas de hidrolisados de proteína com extratos de algas e micronutrientes. Destes produtos espera-se sobretudo um efeito “bioestimulante nas plantas”, com múltiplos benefícios potenciais para os processos fisiológicos, que possam conduzir a aumentos de produtividade e/ou qualidade dos produtos agrícolas. Contudo, a bibliografia internacional reporta também muitos fracassos com a utilização deste tipo de produtos, pelo que dispor de mais informação experimental é muito importante para se poder dar alguma orientação ao setor produtivo.

10.2 Hidrolisados de proteína como produtos fertilizantes na União Europeia

Os hidrolisados de proteína são hoje comercializados na União Europeia como bioestimulantes para as plantas [Regulamento (UE) 2019/1009, de 5 de junho]. Um bioestimulante é uma categoria distinta dos produtos fertilizantes convencionais cujo papel principal é fornecer nutrientes às plantas. Dos bioestimulantes espera-se um estímulo nos processos fisiológicos das plantas independente do seu teor em nutrientes. O objetivo da sua aplicação pode ser melhorar a eficiência fisiológica de uso de nutrientes, aumentar a tolerância a stresses abióticos, a qualidade dos produtos e a disponibilidade de nutrientes a partir da rizosfera (du Jardin et al., 2020). Entende-se que os seus efeitos complementam os efeitos dos fertilizantes convencionais, tendo por objetivo otimizar a eficiência destes e reduzir as quantidades de fertilizantes a aplicar. Para além dos hidrolisados de proteína, diversas outras substâncias são enquadradas no grupo dos bioestimulantes, designadamente ácidos húmicos e fúlvicos, extratos de algas marinhas e

de plantas (ver capítulo 9), quitosana e outros biopolímeros, compostos inorgânicos diversos, como fosfito e silício, e microrganismos benéficos (fungos e bactérias) (du Jardin, 2015). Os produtos comerciais por vezes resultam da mistura de algumas destas substâncias, sendo produtos de elevada complexidade.

Os produtos comerciais ricos em aminoácidos e peptídeos usados na nutrição das plantas são obtidos por hidrólise química (usando ácidos ou bases fortes) ou enzimática de proteínas presentes em resíduos agroindustriais, tanto de origem animal (couro, vísceras, penas, sangue, ...) como de plantas (subprodutos ou culturas dedicadas) (Colla et al., 2015). Diversas moléculas, incluindo betainas, poliamidas e diversos aminoácidos não proteicos também presentes em tecidos vegetais, têm vindo a receber particular atenção. A glicina betaina, por exemplo, é um caso especial de um derivado de aminoácido com reconhecidas propriedades antisstresse nas plantas (Chen e Murata, 2011). Acresce que o interesse no desenvolvimento desta área está não apenas na obtenção de produtos comerciais para uso agrícola, mas por representar também uma forma sustentável de gestão de subprodutos (du Jardin et al., 2020).

Nas últimas décadas tem sido colocada no mercado uma grande diversidade de produtos obtidos de hidrolisados de proteína de origem animal ou vegetal. A maioria dos produtos comerciais são de origem animal, obtidos a partir de hidrólise química. Embora estes produtos tendam a ser seguros, sem grandes riscos genotóxicos, ecotóxicos ou fitotóxicos (Corte et al., 2014), a União Europeia proibiu a sua aplicação sobre as partes edíveis de vegetais na agricultura biológica [Regulation (EU) no 354/2014], tendo em conta a preocupação crescente com o uso de hidrolisados obtidos de proteína animal. Assim, e como seria expectável, os produtos comerciais obtidos a partir de hidrólise enzimática de proteína vegetal têm vindo a ganhar importância no mercado.

De qualquer forma, não haverá dúvidas de que a utilização de hidrolisados de proteína na agricultura vai conhecer um forte crescimento nos próximos anos, na medida em que cada vez mais se reconhecem os seus efeitos benéficos nas culturas em particular quando cultivadas em condições de stresse abiótico (Alzahrani e Rady, 2019; Desoky et al., 2019; Rouphael e Colla 2020).

10.3 Efeitos dos hidrolisados de proteína nas plantas

Os aminoácidos, se aplicados às folhas, penetram rapidamente nos tecidos e são distribuídos pela planta. O processo ocorre por difusão através de poros na membrana, sendo um processo ativo dependente de energia (Yakhin et al., 2017). A complexidade dos hidrolisados de proteína, e sobretudo de produtos comerciais com mistura de diversas substâncias, torna difícil esclarecer o seu modo de ação e a forma como afetam as plantas. No caso dos produtos comerciais cada caso é um caso, sendo que os efeitos de uns não se podem generalizar a outros produtos aparentemente similares. No entanto, efeitos positivos da aplicação de aminoácidos nas plantas estão suficientemente documentados (Colla e Rouphael, 2015; Diego e Spíchal, 2020).

A aplicação exógena de hidrolisados de proteína estimula o metabolismo e a assimilação de azoto, aumentando a atividade de enzimas chave do processo, como nitrato redutase, nitrito redutase, glutamina sintetase e glutamato sintetase. Os hidrolisados de proteína também podem influenciar diferentes vias metabólicas do metabolismo do carbono, como a glicólise e o ciclo

de Krebs, com ação sobre enzimas como malato desidrogenase, isocitrato desidrogenase e citrato sintase, interligando os metabolismos do carbono e do azoto, resultando em aumento da fotossíntese e do suprimento de energia para o metabolismo celular, bem como do equilíbrio hormonal das plantas (Colla et al., 2014).

O forte investimento dos últimos anos na ciência dos alimentos orientou muitos estudos para a avaliação do valor alimentar e nutracêutico dos produtos vegetais. Tem também sido verificado que os hidrolisados de proteína, devido aos seus efeitos nos metabolismos primário e secundário das plantas, podem aumentar os teores em compostos antioxidantes (carotenoides, polifenóis, flavonoides, ...) e reduzir o teor de compostos indesejáveis, como nitratos e metais, melhorando a qualidade dos alimentos (Colla et al., 2015).

Grande parte da agricultura mundial é feita sob ação de algum tipo de stresse que reduz a produtividade das culturas, designadamente salinidade, stresses hídrico (excesso ou falta de água) e térmico (frio ou calor), pH adverso, toxicidade de metais e/ou deficiência em nutrientes. Alguns aminoácidos, como arginina e prolina, e derivados de aminoácidos, como glicina betaina, têm sido extensivamente estudados devido à sua capacidade de indução de respostas de defesa das plantas a algum tipo de stresse abiótico (du Jardin, 2012; Colla et al., 2014; Diego e Spichal, 2020). Como efeitos indiretos quando aplicados ao solo ou às plantas, os hidrolisados de proteína podem aumentar a biomassa e a atividade microbiana, a respiração do solo e a sua fertilidade geral (du Jardin, 2015).

10.4 Problemas e necessidades de investigação

Os benefícios da aplicação de hidrolisados de proteína são obtidas com doses mínimas de produtos. Frequentemente, usam-se 1,5 a 4 litros de produto comercial por hectare, o que significa que o impacto dos macronutrientes per se é negligenciável e até mesmo o de micronutrientes. Nestas condições, resultados positivos têm de ser obtidos de forma indireta pelo seu efeito bioestimulante nas plantas. A vasta literatura que tem sido publicada sobre estas substâncias nem sempre refere resultados positivos, tendo sido registadas situações em que ocorreram efeitos fitotóxicos e/ou redução de produtividade, embora estes problemas tenham sido mais frequentemente associados a produtos de origem animal (Yakhin et al. 2017).

Deve também notar-se que nas aplicações ao solo (em fertirrega, por exemplo) a eficácia da absorção dos aminoácidos pelas plantas pode ser fortemente reduzida (Moe, 2013). As plantas podem absorver aminoácidos e pequenas moléculas orgânicas pelas raízes. Contudo, os microrganismos são competidores mais eficientes que as plantas por estas moléculas (White, 2012). Em condições de temperatura e humidade no solo que favoreçam a atividade biológica, elas são rapidamente utilizadas pelos microrganismos. Os minerais, em particular o azoto, são posteriormente libertados para as plantas, mas com o uso de bioestimulantes, o processo é quantitativamente pouco relevante. Os microrganismos que vivem na filosfera também podem reduzir a eficácia da aplicação dos aminoácidos por via foliar, porque também eles competem com as plantas pelos aminoácidos e peptídeos (Colla et al., 2015). Assim, um resultado não positivo da aplicação de um produto comercializado como bioestimulante não significa que se trate necessariamente de um produto ineficaz ou de má qualidade. O resultado pode estar relacionado com condições de aplicação desadequadas.

O efeito destes produtos depende em grande medida das condições de aplicação, desde logo a espécie e/ou cultivar, condições ambientais, estados fenológicos, modo de aplicação (foliar vs solo) e permeabilidade da folha aos princípios ativos quando aplicados por via foliar. Intenso trabalho experimental é necessário para otimizar as condições de aplicação em condições reais de cultivo, com todos os constrangimentos a que as plantas estão sujeitas e dada a elevada diversidade de produtos comerciais no mercado.

10.5 Nota final

O setor dos frutos secos do interior norte de Portugal, estabelecido em condições ecológicas marginais, designadamente por estar quase integralmente baseado em sequeiro e em solos de reduzida fertilidade, pode tirar partido do uso destes produtos. Também o setor da agricultura biológica pode equacionar o seu uso, devido à falta de soluções fertilizantes no mercado. Contudo, falta ainda informação científica e desenvolvimento experimental de base que oriente os produtores a usarem soluções adequadas à sua situação concreta, para que possam ter retorno económico, face ao investimento na aquisição dos produtos e da sua aplicação.

O grupo operacional EGIS tentou dar um contributo para o aumento do conhecimento sobre a eficácia destes produtos devido à rede de campos experimentais que estabeleceu (Figura 10.1).



Figura 10.1. Nogal em agricultura biológica (esquerda) e amendoal de sequeiro (direita), integrados nos ensaios do Grupo Operacional EGIS.

Referências

Alzahrani Y, Rady MM (2019). Compared to antioxidants and polyamines, the role of maize grain-derived organic biostimulants in improving cadmium tolerance in wheat plants. *Ecotoxicol Environ Saf* 182: 109378. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109378>

Chen THH, Murata N (2011). Glycinebetaine protects plants against abiotic stress: mechanisms

and biotechnological applications. *Plant Cell Environ* 34: 1–20.

Colla G, Nardi S, Cardarelli M, Ertan A, Lucini L, Canaguier R, Rouphael Y (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Sci Hortic* 196: 28–38.

Colla G, Rouphael Y (2015). Biostimulants in horticulture. *Sci Hortic* 196: 1–2.

Colla G, Rouphael Y, Canaguier R, Svecova E, Cardarelli M (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Front Plant Sci* 5: 1–6.

Corte L, Dell'Abate MT, Magini A, Migliore M, Felici B, Roscini L, Sardella R, Tancini B, Emiliani C, Cardinali G, Benedetti A (2014). Assessment of safety and efficiency of nitrogen organic fertilizers from animal-based protein hydrolysates: A laboratory multidisciplinary approach. *J Sci Food Agric* 94: 235–245.

Desoky EM, Elrys AS, Rady MM (2019). Integrative moringa and licorice extracts application improves *Capsicum annuum* fruit yield and declines its contaminant contents on a heavy metal contaminated saline soil. *Ecotoxicol Environ Saf* 169: 50–60.

Diego N, Spíchal L (2020). Use of plant metabolites to mitigate stress effects in crops. In: Geelen D, Xu L (eds). *The Chemical Biology of Plant Biostimulants*. Wiley, NJ, USA, p. 264-300.

du Jardin P (2012) *The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis*. Adhoc Study Report to the European Commission DG ENTR. 2012; http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final_report_bio_2012en.pdf.

du Jardin P (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci Hortic* 196: 3–14.

du Jardin P, Xu L, Geelen D (2020). Agricultural functions and action mechanisms of plant biostimulants (PBs): An introduction. In: Geelen D, Xu L (eds). *The Chemical Biology of Plant Biostimulants*. Wiley, NJ, USA, p. 3-29.

Moe LA (2013). Amino acids in the rhizosphere: from plants to microbes. *Am J Bot* 100: 1692–1705.

Rouphael Y, Colla, G (2020). Biostimulants in agriculture. *Front Plant Sci* p. 11.

White PJ (2012). Ion uptake mechanisms of individual cells and roots: Short distance transport. In: Marschner P, editor. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. London, UK: Elsevier; p. 7-147.

Yakhin OI, Lubyantsev AA, Yakhin IA and Brown PH (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front Plant Sci* 7: 2049. doi: 10.3389/fpls.2016.02049



Agradecimento: EGIS – Estratégias para uma Gestão Integrada do Solo e da Água em Espécies Produtoras de Frutos Secos - PDR2020-1.0.1-030979

