



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

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

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 inportáveis 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.