



# 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

## 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 canópia. 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.