



VI Simpósio Nacional de *Olivicultura*

Mirandela 2012

Editores:

Albino Bento
José Alberto Pereira

FICHA TÉCNICA

Título: VI Simpósio Nacional de Olivicultura

Coleção: Actas Portuguesas de Horticultura, n.º 21

Propriedade e edição: Associação Portuguesa de Horticultura (APH)

Rua da Junqueira, n.º 299, 1300-338 Lisboa

Tel. 213623094

<http://www.aphorticultura.pt/>

Autores: vários

Editores: Albino Bento e José Alberto Pereira

Revisão editorial: Maria Elvira Ferreira

Grafismo da capa: Francisco Barreto

Tiragem: 200 exemplares

ISBN: 978-972-8936-12-9

Nutrição azotada da oliveira em pomares sujeitos a diferentes sistemas de manutenção do solo

M. Arrobas & M.Â. Rodrigues

Centro de Investigação de Montanha; ESA - Instituto Politécnico de Bragança
Campus de Sta Apolónia, ap. 1172, 5301-855 Bragança. marrobas@ipb.pt

Resumo

Com o objetivo de estudar o efeito da manutenção do solo na produção, estado nutritivo azotado das plantas e fertilidade do solo decorreram duas experiências de campo durante oito anos em Bragança e Mirandela. Em Bragança, os sistemas de manutenção do solo foram: Past, pastagem permanente gerida com ovinos e caprinos; Gli, aplicação de glifosato em abril; e MC, mobilização convencional. Em Mirandela ensaiaram-se Gli e MC, tal como descritos para Bragança. Foi registada a produção de azeitona e monitorizado o estado nutritivo azotado das oliveiras. Com base em amostras colhidas em outubro de 2008 foi determinado o azoto potencialmente disponível no solo a partir de ensaios em vasos com azevém e diversos métodos laboratoriais de extração química. Em Bragança, a produção acumulada de azeitona ao fim de oito anos de ensaio foi de 130,7, 95,5 e 63,4 kg/árvore, respectivamente em Gli, MC e Past e em Mirandela de 60,6 e 38,5 kg/árvore em Gli e MC. Quatro métodos de extração química apresentaram relação linear significativa com o azoto exportado pelo azevém. O R^2 mais elevado (0,57) foi obtido com o método da absorvância a 205 nm em extratos preparados com NaHCO_3 . O azoto exportado pelo azevém e os resultados dos métodos laboratoriais mostraram um padrão de resposta similar ao ocorrido em campo com a produção, quando se compararam os sistemas de manutenção do solo Gli e MC, mas foi completamente díspar quando analisada a modalidade Past. No talhão Past, a produção foi muito modesta, em resultado da forte competição da vegetação herbácea com as árvores. Contudo, as amostras perturbadas do talhão Past evidenciaram em laboratório elevado potencial de azoto disponível em resultado do teor elevado de matéria orgânica no solo.

Palavras-chave: disponibilidade de azoto no solo, estado nutritivo azotado, extracções químicas, *Olea europaea* L.

Abstract

Nitrogen nutrition of olive in orchards subjected to different soil management systems.

To study the effect of ground-cover systems on olive yield and on tree nitrogen nutritional status and soil fertility, two field experiments were carried out during eight years in Bragança and Mirandela. In Bragança, the ground-cover systems were: Past, permanent pasture managed with sheep and goat; Gli, glyphosate applied in early April; and MC, conventional tillage. In Mirandela, the treatments were: Gli and MC, as described for Bragança. Olive yields and tree nitrogen nutritional status were determined over the experimental period. From soil samples collected in October 2008, the potentially available soil nitrogen was determined through a pot experiment with ryegrass and several chemical extraction procedures. The olive yields and leaf

nitrogen concentrations varied significantly among the floor management systems in both orchards. In Bragança, the accumulated olive yields after the eight years of the trial were 130.7, 95.5 and 63.4 kg/tree, respectively in Gli, MC and Past and in Mirandela 60.6 and 38.5 kg/tree in the Gli and MC treatments. Four chemical extraction procedures showed significant linear relationships with the nitrogen exported by ryegrass. The highest R^2 (0.57) was found for UV/absorbance at 205 nm in soil extracts prepared with NaHCO_3 . The response pattern of the nitrogen recovered by ryegrass and chemical methods was similar to that observed for olive yield, when Gli and MC treatments were compared, but was completely dissimilar for the Past treatment. In the Past plot, the olive yields and leaf N concentrations were very poor, as a result of the severe competition for water and nutrients between the herbaceous vegetation and trees. However, the disturbed samples of the Past plot revealed high nitrogen mineralization potential due to the high level of soil organic matter.

Keywords: soil nitrogen availability; nitrogen nutritional status; chemical extractions; *Olea europaea* L.

Introdução

Em fruticultura, a forma como é mantida a superfície do solo influencia o crescimento das árvores e a produção. A mobilização do solo tende a danificar o sistema radicular das plantas dificultando a absorção de água e nutrientes (Tisdall, 1989). A mobilização favorece a erosão do solo (Pastor et al., 2001), considerado o maior problema ambiental associado à agricultura convencional (EEA, 1995). Os olivais mobilizados apresentam invariavelmente teores de matéria orgânica baixos (Arrobas & Rodrigues, 2002), devido à intensa mineralização dos detritos orgânicos. A gestão de coberturas vegetais no olival pode reunir inúmeras vantagens, como melhor proteção do solo, aumento da infiltração de água e incremento do carbono sequestrado, sendo este o sistema de manutenção do solo mais usual em fruticultura nos climas temperados (Lipecki & Berbeć, 1997). Contudo, as coberturas vegetais consomem água, podendo reduzir a produção em olivais de sequeiro (Montemurro et al., 2002). Assim, a gestão de coberturas vegetais em olivais de sequeiro deve consistir em mantê-las vivas durante o inverno e mortas a partir da primavera (Rodrigues & Cabanas, 2009).

O efeito dos sistemas de manutenção do solo no estado nutritivo das árvores tem sido pouco estudado em olivais de sequeiro. Contudo, os sistemas mais favoráveis devem permitir o desenvolvimento do sistema radicular à superfície, favorecendo a absorção dos nutrientes. Os sistemas que melhoram as condições hídricas do solo também favorecem a absorção radicular. É conhecido que o longo período seco estival que caracteriza a região mediterrânica dificulta a absorção de nutrientes (Restrepo-Diaz et al., 2008).

O azoto é o elemento mais determinante da produtividade primária em ecossistemas naturais e agrícolas. A aplicação de azoto nos campos cultivados é uma prática generalizada em todo o mundo. Em olivicultura é o elemento aplicado com maior regularidade (Fernández-Escobar, 2001; Connell & Vossen, 2007). O azoto é ainda dos poucos nutrientes sobre o qual existem estudos que comprovam que a oliveira responde à sua aplicação (Jasrotia et al., 1999; Marcelo et al., 2004).

A mineralização potencial de azoto é influenciada significativamente pelos sistemas de manutenção do solo (Mikha et al., 2006), devido, muito provavelmente, à estreita relação entre os ciclos do carbono e do azoto nos solos (Stevenson, 1986). As mobilizações, pelo arejamento do solo que provocam e pela limitação que induzem no desenvolvimento da vegetação herbácea, condicionam fortemente o ciclo do carbono e do azoto, reduzindo o teor de matéria orgânica no solo e influenciando a disponibilidade de azoto para as plantas (Rodrigues & Cabanas, 2009).

Neste trabalho estudou-se o efeito de diferentes sistemas de manutenção do solo na produção e no estado nutritivo azotado das árvores em olivais de sequeiro na região de Trás-os-Montes durante oito anos consecutivos. Com base em amostras de solo colhidas oito anos após os diferentes sistemas de manutenção do solo terem sido instalados, estudou-se a disponibilidade potencial de azoto no solo a partir de ensaios em vasos com azevém e através de vários métodos de extração química laboratorial. Finalmente tentou estabelecer-se a existência de coerência entre os resultados de campo e os resultados obtidos a partir das amostras perturbadas usadas nos ensaios em vasos e nos métodos de extração química.

Material e Métodos

Experiências de campo

Os ensaios de campo decorreram durante oito anos consecutivos (2001-2008) em dois olivais localizados em Bragança e Mirandela. Bragança encontra-se no limite ecológico norte para o cultivo da oliveira e Mirandela no centro da Terra Quente Transmontana. As temperaturas médias do ar e as precipitações anuais acumuladas são 11,9°C e 741 mm e 14,2°C e 520 mm, respectivamente em Bragança e Mirandela. No início das experiências, em outubro de 2001, os solos apresentavam as características físico-químicas que constam no quadro 1.

Em Bragança foram implementados três sistemas de manutenção do solo: Past, pastagem natural gerida com pastoreio de ovinos e caprinos; Gli, aplicação de glifosato na primeira quinzena de abril como forma única de gestão da vegetação; e MC, mobilização convencional consistindo em duas escarificações anuais na primavera. Em Mirandela foram considerados dois sistemas de manutenção do solo: Gli e MC, aplicados tal como descritos para Bragança. O ensaio de Bragança foi instalado num olival da cv. Cobrançosa com mais de 60 anos de idade. O olival de Mirandela é também da cv. Cobrançosa e tinha 13 anos no início do estudo.

Em Bragança foram marcadas dez árvores por talhão e em Mirandela doze. A produção foi registada individualmente por árvore. O estado nutritivo azotado foi monitorizado através de análises foliares. Foram colhidas amostras de folhas no repouso vegetativo e no verão, desde o verão de 2003 ao inverno de 2007. As folhas foram seleccionadas da parte média dos ramos do ano, em ramos de todos os quadrantes de cada uma das árvores marcadas. As folhas foram secas em estufa a 70°C e moídas. A concentração de azoto nos tecidos foi determinada pelo método Kjeldahl, num analisador Kjeltec auto 1030.

Experiências em vasos

Os solos para as experiências em vasos foram colhidos em outubro de 2008, após as primeiras chuvas de outono. Em cada modalidade de gestão do solo foram

colhidas amostras de solo sob a copa e no espaço entre linhas em duas profundidades, 0-5 cm e 5-20 cm. Cada amostra foi constituída a partir da colheita de 15 subamostras. As amostras foram secas ao ar e crivadas (2 mm).

Na experiência em vasos foram usadas três repetições (3 vasos) por cada amostra de solo. Em vasos de 1 kg de terra seca foi semeado azevém (50 g/vaso) a 1 cm de profundidade. Os vasos semeados foram colocados em estufa durante todo o período experimental. As plantas foram regadas com a regularidade de 2 a 4 vezes por semana, com volumes de 100 mL de água destilada, ajustando a rega à evapotranspiração das plantas. Evitou-se usar água em excesso para reduzir os riscos de perda de nitratos por desnitrificação. A experiência foi mantida até as plantas cessarem por completo o crescimento por falta de nutrientes no solo. Foi feito um corte intermédio a 3 cm de altura e um corte final imediatamente acima do nível do solo. O material vegetal foi seco em estufa a 70°C, pesado, moído e analisado para o azoto total pelo método Kjeldahl.

Métodos laboratoriais de extração química

Os métodos laboratoriais de extração química foram aplicados às amostras de solos usadas na experiência em vasos, cujo processo de colheita e pré-tratamento foi já referido no ponto anterior. Os métodos laboratoriais de avaliação da disponibilidade potencial de azoto no solo foram os seguintes:

Azoto inorgânico extraível com KCl a frio – Foi usada a metodologia descrita por Smith & Li (1993). O azoto inorgânico ($\text{NH}_4\text{-N}$ e $\text{NO}_3\text{-N}$) foi determinado em extratos preparados pela adição de 40 mL de KCl 2M a 10 g de solo em tubos de centrífuga de 150 mL. Após agitação durante 1 hora, a suspensão foi filtrada em papel de filtro Watman 42. A concentração de $\text{NH}_4\text{-N}$ e $\text{NO}_3\text{-N}$ nos extractos foi determinada por espectrofotometria UV/Visível.

Azoto inorgânico extraível com KCl a quente e NH_4^+ hidrolisável – Foi seguida a metodologia descrita em Scott et al. (2005) e Soon et al. (2007). Foram adicionados 20 mL de uma solução KCl 2M a 5 g de solo colocado num tubo de digestão de 150 mL. Os tubos foram fechados com papel de alumínio e aquecidos a 100°C durante 4 horas num bloco de digestão. Após arrefecidos à temperatura ambiente, os extratos foram filtrados em papel Watman 42. A concentração de azoto inorgânico e NH_4^+ hidrolisável foi determinada por espectrofotometria UV/Visível. Como indicadores da disponibilidade de azoto no solo foram usados o azoto inorgânico extraído no procedimento a quente e o NH_4^+ hidrolisado, calculado pela diferença entre o procedimento a quente e a frio.

Absorbância ultravioleta a 205 e 260 nm em extractos de NaHCO_3 – Foi usado o método descrito em Sharifi et al. (2008). Amostras de 2,5 g de solo foram agitadas em NaHCO_3 0,01 mol L^{-1} durante 15 minutos em frascos Erlenmyer de 125 mL. A suspensão foi filtrada em papel Watman 42. A absorbância dos extratos foi medida a 205 a 260 nm num espectrofotómetro UV/Visível.

NH₃ extraível com NaOH – Foi seguida a metodologia usada por Sharifi et al. (2008). Foram adicionados 5 g de solo a 20 mL de NaOH (12,5 mol L⁻¹). A suspensão foi destilada diretamente num auto-analisador Kjeltex 1030.

Azoto total no solo – Foi determinado, após digestão sulfúrica de 1 g amostra em presença de um catalisador, pelo método Kjeldahl (Bremner, 1996) num auto-analisador Kjeltex 1030.

Carbono facilmente oxidável – Foi determinado pelo método de Walkley-Black (Nelson & Sommers, 1996). Após oxidação por via húmida de 1 g de amostra com dicromato de potássio em meio ácido, procedeu-se à titulação do excesso de dicromato de potássio com sulfato de ferro amoniacal.

Resultados

Produção de azeitona e estado nutritivo azotado das plantas

No ensaio de Bragança, a produção manteve-se mais elevada no talhão em que a vegetação foi controlada com glifosato (fig. 1). As produções médias foram significativamente mais elevadas no talhão Gli em comparação com o talhão Past em praticamente todos os anos, sendo a diferença mais marcada nos anos mais produtivos. Assim, em 2004 e 2006, no talhão Gli obtiveram-se 37,1 e 35,7 kg de azeitona por árvore, enquanto na modalidade Past foram obtidos 19,1 e 7,8 kg de azeitona por árvore, respectivamente. As diferenças de produtividade entre as modalidades Gli e MC também foram, de uma maneira geral, estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). Na modalidade MC foram obtidas em 2004 e 2006 as produções de 27,9 e 24,8 kg de azeitona por árvore. No ensaio de Mirandela, as produções foram mais elevadas na modalidade Gli em comparação com a modalidade MC. Em 2007, a diferença de produção atingiu 7,3 kg por árvore, com valores de 12,8 e 5,5 kg por árvore nas modalidades Gli e MC, respetivamente.

A concentração de azoto nas folhas manteve-se mais elevada no talhão gerido com glifosato, quer no ensaio de Bragança quer no ensaio de Mirandela (fig. 2). As diferenças foram estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) em praticamente todas as datas de amostragem. No ensaio de Bragança, e tal como observado para a produção de azeitona, a concentração de azoto nas folhas foi mais elevada na modalidade MC que na modalidade Past. Em Bragança, a concentração de azoto nas folhas oscilou entre 21,1 e 16,9, 20,3 e 16,5 e 20,5 e 14,0 g kg⁻¹, respetivamente nos tratamentos Gli, MC e Past. Em Mirandela os valores variaram entre 19,8 e 14,2 e 17,7 e 12,0 g kg⁻¹, respetivamente nos tratamentos Gli e MC.

Azoto exportado pelo azevém e indicadores da disponibilidade de azoto no solo

Com os resultados dos diferentes métodos laboratoriais de avaliação do azoto no solo foi tentado o ajuste ao modelo linear simples em função do azoto exportado pelo azevém cultivado em vasos. A fig. 3 apresenta os ajustamentos significativos ($p \leq 0,05$) ao modelo linear entre o azoto avaliado por quatro métodos e o azoto exportado pelo azevém.

A absorvância a 205 nm de um extrato preparado com NaHCO₃ foi o método que apresentou maior coeficiente de determinação (0,57) com o azoto exportado pelo azevém. Seguiu-se o azoto inorgânico (NH₄-N + NO₃-N) no solo, extraído com uma

solução KCl 2M a frio, com R^2 de 0,54. Os resultados do $\text{NH}_3\text{-N}$ hidrolisado por destilação directa com NaOH apresentaram uma relação linear com o azoto exportado pelo azevém com um R^2 de 0,48. Com coeficiente de determinação ainda relativamente elevado (0,31) surgiu a relação entre o carbono orgânico facilmente oxidável, determinado pelo método Walkley-Black, e o azoto exportado pelo azevém.

Relação entre produção de azeitona e indicadores laboratoriais de disponibilidade de azoto

Em Bragança, o talhão tratado com glifosato produziu significativamente ($p \leq 0,05$) mais azeitona que o talhão mobilizado e este que o talhão gerido com pastoreio (fig. 4a), como já tinha ficado evidenciado pelos resultados anuais apresentados na fig. 1. Em Mirandela, o talhão gerido com glifosato produziu significativamente ($p \leq 0,05$) mais azeitona que o talhão em mobilização convencional.

Em Mirandela, azoto exportado pelo azevém no ensaio em vasos seguiu o padrão descrito para a produção. No ensaio de Bragança verificou-se o oposto. O azoto exportado pelo azevém registou os valores mais elevados no talhão em pastoreio (fig. 4b). No ensaio de Bragança, a quantidade de carbono facilmente oxidável foi maior no talhão Past, seguido de Gli, tendo sido registados os valores mais baixos no talhão MC. Em Mirandela, o carbono facilmente oxidável foi maior no talhão Gli em comparação com o talhão MC (fig. 4c). Os valores de N mineral no solo e absorvância a 205 nm revelaram valores ligeiramente mais elevados em Gli e Past comparativamente com MC no ensaio de Bragança. No ensaio de Mirandela, à semelhança dos outros indicadores, os valores foram mais elevados em Gli comparativamente a MC (fig. 4d a 4e)).

Discussão

No talhão Past do ensaio de Bragança o rebanho não conseguiu controlar de forma eficaz a vegetação herbácea no seu pico de crescimento na primavera. Assim, a competição pelos nutrientes e pela água entre a vegetação herbácea e as árvores tornou frágil aquela solução de manutenção do solo. O pico de crescimento da vegetação herbácea coincide com as fases mais vulneráveis do ciclo biológico da oliveira, designadamente a floração no fim de maio (Rodrigues & Cabanas, 2009). Por essa razão, a presença de vegetação herbácea no coberto afectou de forma tão negativa a produção. A concentração de azoto nas folhas foi mais baixa no talhão Past, também devido à competição da vegetação herbácea pelos nutrientes. Em muitos outros trabalhos foram registadas quebras de produção quando a vegetação herbácea não foi adequadamente controlada, quer em olivais de sequeiro (Silvestri et al., 1999), quer noutros pomares mesmo quando regados (Anderson et al., 1992; Hornig & Bünemann, 1993).

O talhão gerido com glifosato originou maior produção e melhor estado nutritivo azotado das árvores que o talhão mobilizado, quer no ensaio de Bragança quer no de Mirandela. O uso de glifosato, com aplicação única em abril, permite manter um coberto vegetal permanente no solo, vivo durante o período outono/inverno e morto a partir de abril (Rodrigues & Cabanas, 2009). Desta forma, a eficiência de uso dos nutrientes e da água melhora, uma vez que os sistemas radiculares podem desenvolver-se na camada superficial mais fértil e a presença de vegetação sobre o solo favorece a infiltração. Acrescente-se que as mobilizações

destroem o sistema radicular na fase mais vulnerável das árvores, isto é, durante a primavera, afectando negativamente a floração e o fluxo de crescimento primaveril. A destruição do sistema radicular é a principal razão atribuída à quebra de produção que tem sido registada em sistema de mobilização convencional em diversos tipos de pomares (Tisdall, 1989; Anderson et al., 1992; Pastor et al., 2001).

De entre os métodos de extração química laboratorial, a absorvância a 205 nm nos extratos preparados com NaHCO₃ apresentou o coeficiente de determinação mais elevado com o azoto exportado pelo azevém. Este indicador da disponibilidade de azoto no solo tem dado bons resultados também noutros trabalhos, na medida em que reflecte a quantidade de NO³-N no solo e ainda a fracção solúvel de azoto orgânico (Serna & Pomares, 1992; Sharifi et al., 2008).

O azoto inorgânico extraído com KCl a frio esteve também bem relacionado com o azoto exportado. Existe uma longa tradição nos sistemas de recomendação de fertilização das regiões áridas e semi-áridas de usar o azoto inorgânico no perfil como base da recomendação da fertilização azotada (Dahnke & Johnson, 1990). Diversos investigadores encontraram também relações satisfatórias entre o azoto inorgânico no solo e indicadores da disponibilidade biológica de azoto (Roberts et al., 1980; Paul & Beauchamp, 1993), embora a inexistência de relações significativas também tenha sido frequente (Fox & Piekielek, 1978; Hong et al., 1990).

Os resultados da destilação direta da amostra na presença de NaOH apresentaram também uma relação linear, com valores elevados de R^2 , com o azoto exportado. Este procedimento hidrolisa algum azoto orgânico, como resultado da elevação do pH. De acordo com Greenfield (2001) e Sharifi et al. (2008) o azoto extraído com NaOH em destilação direta inclui NH₄-N, azoto em compostos α -amida e outras fracções de azoto hidrolisável não identificadas. Contudo, os resultados da destilação com NaOH nem sempre têm sido positivos, quando se pretendem usar como indicador da disponibilidade de azoto no solo (Gianello & Bremner, 1986; Hong et al., 1990; Setatou & Simonis, 1996).

O carbono orgânico determinado pelo método Walkley-Black apresentou ainda um valor de R^2 aceitável com o N exportado pelo azevém. Em teoria, o método Walkley-Black determina uma fracção de carbono facilmente oxidável, embora persistam dúvidas sobre que fracção oxida, não sendo considerado um método verdadeiramente quantitativo da determinação do carbono orgânico do solo (Nelson & Sommers, 1996). Como método de avaliação da disponibilidade de azoto no solo, tem sido frequente a falta de relação significativa com os métodos biológicos de determinação da disponibilidade de azoto no solo (Stanford & Smith, 1978; Hong et al., 1990; Jalil et al., 1996), sobretudo por ser um método pouco seletivo na fracção da matéria orgânica que oxida. Contudo, de uma maneira geral assume-se que há sempre alguma relação entre o carbono orgânico (ou N total) no solo e a disponibilidade de azoto para as plantas (Dahnke & Vasey, 1973).

O azoto exportado pelo azevém nos ensaios em vasos nem sempre seguiu o padrão registado pela produção e pelo estado nutritivo azotado das árvores nas diferentes modalidades experimentais. No ensaio de Bragança, o azoto exportado pelo azevém atingiu os valores mais elevados na modalidade Past, precisamente aquela em que foram registadas as menores produções e o mais débil estado nutritivo azotado das árvores. Em campo parece ter dominado o efeito negativo da competição do coberto vegetal com as árvores. Nas amostras de solo perturbadas, parece ter

prevalecido a mineralização de mais azoto nas amostras com o teor de matéria orgânica mais elevado da modalidade Past. Quando os resultados de campo e dos ensaios em vasos das modalidades Gli e MC foram comparados, o padrão já mostrou maior afinidade. Assim, a modalidade Gli, ao permitir desenvolver vegetação desde o outono até ao mês de abril, incrementou o substrato orgânico no solo, o que resultou em maior quantidade de azoto mineralizado no ensaio em vasos comparativamente à modalidade MC. Como em campo a aplicação de glifosato reduziu a competição pela água e nutrientes ao destruir a vegetação herbácea no início de abril, foi possível registar uma boa concordância entre os resultados de campo e laboratoriais.

Todos os métodos de extração química laboratorial para os quais tinha sido registada relação linear significativa com o azoto exportado pelo azevém, mostraram um padrão similar aos resultados de campo, quando Gli e MC foram comparados. Tal como no ensaio em vasos, quando os tratamentos Past e Gli do ensaio de Bragança foram comparados, a tendência perdeu coerência. O azoto extraído por cada um dos métodos foi mais elevado nos solos da modalidade Past devido à maior quantidade de resíduos orgânicos presentes.

Conclusões

Os sistemas de manutenção do solo influenciaram de forma inequívoca a produção de azeitona e o estado nutritivo azotado das árvores. A gestão da vegetação com glifosato apresentou os melhores resultados nos olivais de Bragança e Mirandela. No olival de Bragança, os piores resultados estiveram associados à modalidade com vegetação permanente gerida com pastoreio.

Os métodos da determinação laboratorial da disponibilidade de azoto, incluindo o azoto exportado pelo azevém cultivado em vasos, disponibilizaram informação coerente com os resultados de campo, nos talhões com os sistemas de manutenção do solo Gli e MC. Contudo, essa coerência não se manteve na modalidade Past. Na modalidade Past, as variáveis que contribuíram para aumentar a disponibilidade de azoto no solo no ensaio em vasos (mais substrato orgânico e melhores condições de humidade e temperatura na estufa), não foram decisivas ou não se registaram em campo, apresentando as árvores pior estado nutritivo azotado e menor produção. A vegetação herbácea que contribuiu para aumentar a matéria orgânica no solo, exerceu também severa competição pela água e nutrientes.

Dos métodos de extração química laboratorial ensaiados, os que apresentam relação linear significativa e melhor R^2 com o azoto exportado pelo azevém cultivado em vasos foram: absorvância a 205 nm em extratos preparados com NaHCO_3 ; azoto inorgânico extraído com KCl a frio; azoto hidrolisado por destilação direta com NaOH; e carbono orgânico determinado pelo método Wlakley-Black. Os outros métodos ensaiados não apresentaram relação linear significativa com o azoto exportado pelo azevém. O resultado do ensaio em vasos e dos métodos de extração química ajudam a compreender a dificuldade que tem havido, desde há algumas décadas, em selecionar um método (ou métodos) de avaliação da disponibilidade de azoto no solo para as plantas, por não se conseguir reprodutibilidade quando são ensaiados em diferentes agro-sistemas e/ou condições ecológicas distintas.

Agradecimentos

Financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Fatores de Competitividade – COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto PTDC/AGR-AAM/098326/2008.

Referências

- Anderson, J.L., Bingham, G.E. & Hill, R.W. 1992. Effect of permanent cover crop competition on sour cherry tree evapotranspiration, growth and productivity. *Acta Horticulturae*, 313: 135-142.
- Arrobas, M. & Rodrigues, M.A. 2002. Agricultura de conservação em culturas perenes. I Congresso Nacional de Mobilização de Conservação do Solo. APOSOLO, Évora, p. 149-154.
- Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-Total. P. *In*: D.L. Sparks (ed). *Methods of soil analysis. Part 3- Chemical Methods*. SSSA. Book series nº 5. Madison, Wisconsin.
- Connell, J.H. & Vossen, P.M. 2007. Organic olive orchard nutrition. *In*: Vossen, P. M. (Ed.) *Organic olive production manual*. Agr. Nat. Res., Publ. 3505, University of California, p. 37-43.
- Dahnke, W.C. & Johnson, G.V. 1990. Testing soils for available nitrogen. *In*: Westerman, R.L. (Ed.) *Soil testing for plant analysis*, 3ª ed. SSSA, Book series nº 3, p. 127-139.
- Dahnke, W.C. & Vasey, E.H. 1973. Testing soils for nitrogen. *In*: Walsh L.M. & Beaton, J.D. (Eds.) *Soil testing and plant analysis*. SSSA. Madison, Wis, pp. 97-114.
- EEA (European Environmental Agency) 1995. *Soil*. *In*: *Europe's environment: the dobris assessment*. Office for official publications of the european communities, Luxemburg.
- Fernández-Escobar, R. 2001. Fertilization. *In*: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Eds.) *El cultivo del olivo*. Mundi-Prensa and Junta de Andalucía, Madrid, p. 255-284.
- Fox, R.H. & Piekielek, W.P. 1978. Field testing of several nitrogen availability indexes. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 747-750.
- Gianello, C. & Bremner, J.M. 1986. Comparison of chemical methods of assessing potentially available organic nitrogen in soil. *Communications Soil Science and Plant Analysis*, 17: 215-236.
- Greenfield, L.G. 2001. The origin and nature of organic nitrogen in soil as assessed by acidic and alkaline hydrolysis. *European Journal of Soil Science*, 52: 575-583.
- Hong, S.D., Fox, R.H. & Piekielek, W.P. 1990. Field evaluation of several chemical indexes of soil nitrogen availability. *Plant and Soil*, 123: 83-88.
- Hornig, R. & Bünemann, G. 1993. Fertigation and controlled strip cover by weeds in IP apple orchards. *Acta Horticulturae*, 335: 65-71.
- Jalil, A., Campbell, C.A., Schoenau, J., Henry, J.L., Jame, Y.W. & Lafond, G.P. 1996. Assessment of two chemical extraction methods as indices of available nitrogen. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 1954-1960.
- Jasrotia, A., Singh, R.P., Singh, J.M. & Bhutami, V. P. 1999. Response of olive trees to varying levels of N and K fertilizers. *Acta Horticulturae*, 474: 337-340.
- Lipecki, J. & Berbeć, S. 1997. Soil management in perennial crops: orchards and hop gardens. *Soil and Tillage Research*, 43: 169-184.

- Marcelo, M.E., Jordão, P.V., Lopes, J. & Sempiterno, C.M. 2004. Influência da adubação azotada na produção da oliveira cv. Cobrançosa. Proc. Simpósio Ibérico de Nutrição Mineral das Plantas, Lisboa, p. 177-183.
- Mikha, M.M., Rice, C.W. & Benjamin, J.G. 2006. Estimating soil mineralizable nitrogen under different management practices. *Soil Science Society of America Journal*, 70: 1522-1531.
- Montemurro, P., Francchiollo, M., Guarini, D. & Losorella, C. 2002. Results of a chemical weed control trial in an olive orchard. *Acta Horticulturae*, 586: 397-400.
- Nelson, D.W. & Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks, D.L. (Ed.) *Methods of soil analysis. Part 3 – Chemical methods*. SSSA, Book series nº 5, Madison, Wis., p. 961-1010.
- Pastor, M., Castro, J., Veja, V. & Humanes, M.D. 2001. Sistemas de manejo del suelo. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Eds.) *El cultivo del olivo*. Mundi-Prensa and Junta de Andalucía, Madrid, p. 215-254.
- Paul, J.W. & Beauchamp, E.G. 1993. Nitrogen availability for corn in soils amended with urea, cattle slurry, and composted manures. *Canadian Journal of Soil Science*, 73: 253-266.
- Restrepo-Diaz, H., Benlloch, M., Navarro, C. & Fernández-Escobar, R. 2008. Potassium fertilization of rainfed orchards. *Scientia Horticulturae*, 116: 399-403.
- Roberts, S., Weaver, W.H. & Phelps, J.P. 1980. Use of the nitrate soil test to predict sweet corn response to nitrogen fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 306-308.
- Rodrigues, M.A. & Cabanas, J.E. 2009. Manutenção do solo. In: Rodrigues, M.A. & Correia, C.M. (Eds.) *Manual da Safra e contra safra do olival*. IPB, Bragança. p. 41-57.
- Scott, D.A., Norris, A.M. & Burger, J.A. 2005. Rapid indices of potential nitrogen mineralization for intensively managed hardwood plantations. *Communications Soil Science and Plant Analysis*, 36: 1421-1434.
- Serna, M.D. & Pomares, F. 1992. Indexes of assessing N availability in sewage sludges. *Plant and Soil*, 139: 15-21.
- Setatou, H. & Simonis, A. 1996. Laboratory methods of measuring soil nitrogen status and correlation of measurements with crop response. *Communications Soil Science and Plant Analysis*, 27: 651-663.
- Sharifi, M., Zebarth, B.J., Grant, C.A., Bittman, S., Drury, C.F., McConkey, B.G. & Ziadi, N. 2008. Response of potentially mineralizable soil nitrogen and indices of nitrogen availability to tillage system. *Soil Science Society of America Journal*, 72: 1124-1131.
- Silvestri, E., Bazzanti, N., Toma, M. & Cantini, C. 1999. Effect of training system, irrigation and ground cover on olive crop performance. *Acta Horticulturae*, 474: 173-175.
- Smith, K.A. & Li, S. 1993. Estimation of potentially mineralisable nitrogen in soil by KCl extraction. I. Comparison with pot experiments. *Plant and Soil*, 157: 167-174.
- Soon, Y.K., Haq, A. & Arshad, M.A. 2007. Sensitivity of nitrogen mineralization indicators to crop and soil management. *Communications Soil Science and Plant Analysis*, 38: 2029-2043.
- Stanford, G. & Smith, J. 1978. Oxidative release of potentially mineralizable soil nitrogen by acid permanganate extraction. *Soil Science*, 126: 210-218.
- Stevenson, F.J. 1986. *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. John Wiley & Sons, New York.

Tisdall, J.M. 1989. Soil Management. Acta Horticulturae, 240: 161-168.

Quadro 1 - Características físico-químicas dos solos no início das experiências de campo, em outubro de 2001.

Parâmetro	Bragança				Mirandela			
	Sob a copa		Entre-linha		Sob a copa		Entre-linha	
	0-5cm	5-20cm	0-5cm	5-20cm	0-5cm	5-20cm	0-5 cm	5-20cm
Textura (USDA)	franca	franca	franca	franca	franca	franca	franca	franca
¹ C orgânico (g kg ⁻¹)	30,2	17,4	27,8	9,3	5,2	4,1	4,6	4,1
pH (solo:água, 1:2,5)	6,0	6,3	6,2	5,2	5,5	4,6	5,1	4,9
² P extraível (g kg ⁻¹)	75,6	50,8	26,6	7,9	36,9	13,7	22,0	16,9
² K extraível (g kg ⁻¹)	333,2	118,4	140,5	56,1	112,9	53,4	92,9	50,9
³ B extraível (mg kg ⁻¹)	0,6	0,4	0,1	0,0	0,5	0,3	0,3	0,1
⁴ Bases de troca:								
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	14,1	14,6	15,1	13,7	6,4	5,5	5,0	5,0
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	4,7	5,7	5,3	5,7	1,1	1,0	0,8	1,0
K (cmol _c kg ⁻¹)	1,8	0,7	0,9	0,4	1,8	1,0	0,9	0,7
Na (cmol _c kg ⁻¹)	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,5	0,8	0,8

¹Walkley-Black; ²Egner-Riehm; ³água fervente, azometina-H; ⁴acetato de amónio, pH 7.

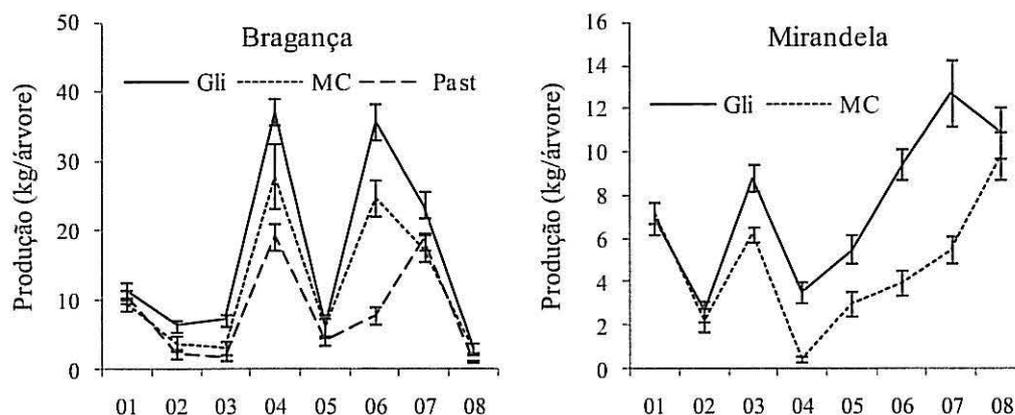


Figura 1 - Produção média de azeitona nos sistemas de manutenção do solo com glifosato (Gli), mobilização convencional (MC) e pastagem (Past), de dezembro de 2001 (01) a dezembro de 2008 (08) nos ensaios de Bragança e Mirandela. As barras de erro mostram o intervalo de confiança para a média ($p \leq 0,05$).

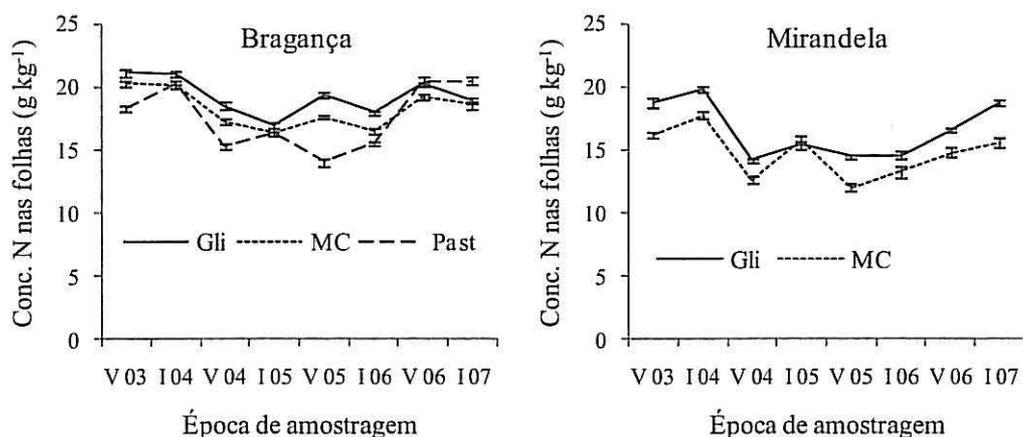


Figura 2 - Concentração média de N nas folhas nas árvores sujeitas aos sistemas de manutenção do solo: glifosato (Gli); mobilização convencional (MC); e pastagem (Past). O período verão 2003 (V 03) ... inverno 2007 (I 07) representa as datas de amostragem de folhas. As barras de erro mostram o intervalo de confiança para a média ($p \leq 0,05$).

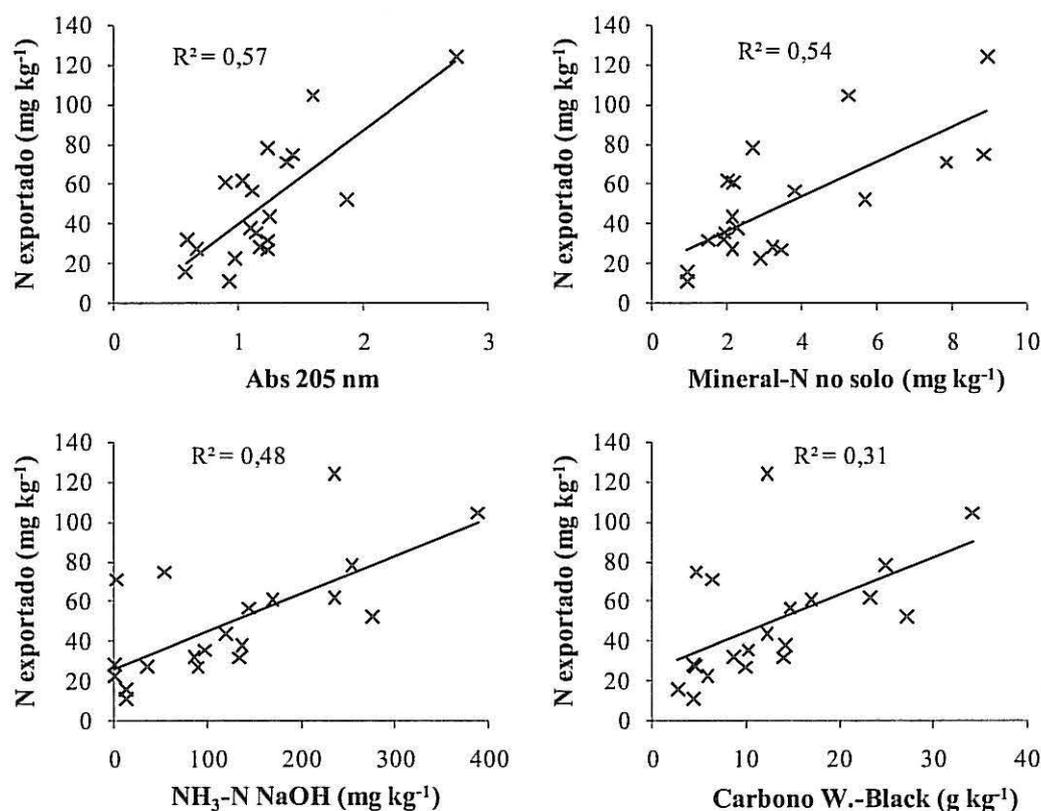


Figura 3 - Relação entre indicadores da disponibilidade de azoto no solo e azoto exportado pelo azevém cultivado em vasos. Foram selecionados os quatro indicadores com relação linear significativa com o azoto exportado pelo azevém e com maior coeficiente de determinação.

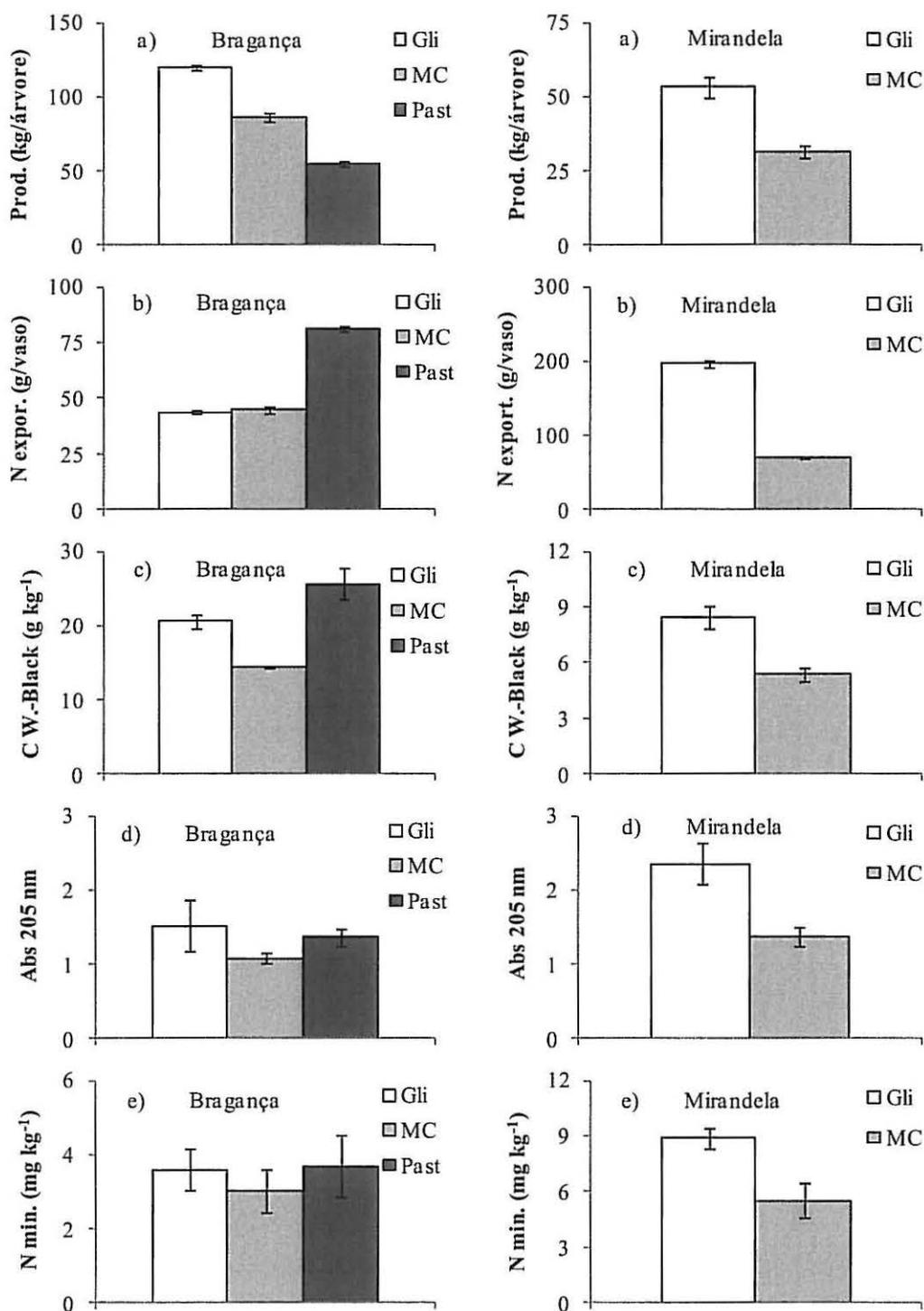


Figura 4 - Padrão de resposta de a) produção acumulada de azeitona (2002-2008), b) azoto exportado por azevém cultivado em vasos e c), d), e) indicadores selecionados da disponibilidade do azoto no solo, em função dos sistemas de manutenção do solo. As linhas verticais representam o intervalo de confiança para a média ($p \leq 0,05$). Gli, glifosato; MC, mobilização convencional; Past, pastagem.