

# A ADUBAÇÃO AZOTADA DO TRIGO EM PORTUGAL

## O PROBLEMA DO SEU USO EFICIENTE

Por: Mário Carvalho

[mjc@uevora.pt](mailto:mjc@uevora.pt)

Universidade de Évora, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM)

### INTRODUÇÃO

Para além da variabilidade intra-anual (tratada em artigo anterior, ver *Grandes Culturas* nº 5), o uso eficiente do azoto (UEA), na produção de cereais de outono/inverno em ambiente Mediterrânico, é particularmente difícil, devido a restrições climáticas e edáficas. O trigo é normalmente semeado entre novembro e meados de dezembro, ocorrendo o afilamento e a diferenciação das espiguetas entre dezembro e fevereiro. Dada a influência decisiva do número de grãos por unidade de superfície na produtividade da cultura, qualquer deficiência azotada nesta fase conduz a perdas irremediáveis da produção. Isto significa que o azoto tem de estar disponível para a cultura entre dezembro e fevereiro (ao contrário da recomendação comunitária), numa época em que as suas perdas potenciais por lavagem e desnitrificação são elevadas. As perdas medidas de azoto por lavagem atingiram valores de  $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  na Tapada da Ajuda (Lisboa) (Almeida, 1965). As restrições edáficas resultam do baixo teor em matéria orgânica da generalidade dos nossos solos, o que torna a nutrição azotada da cultura muito dependente da aplicação de adubos, e da má drenagem dos solos, que agrava as perdas de azoto por desnitrificação para além de limitar a entrada de máquinas no terreno para uma repartição conveniente do adubo.

Para aumentar o UEA torna-se necessário aumentar as reservas do solo em azoto e diminuir as perdas de azoto dos adubos aplicados. A utilização de adubos amoniacais conjuntamente com inibidores da nitrificação tem revelado potencial para reduzir as perdas de N tanto por lavagem como por desnitrificação (Di and Cameron, 2002; Liu et al., 2013). O teor do solo em N pode ser aumentado pela inclusão de leguminosas na rotação, apesar dos resultados poderem ser erráticos, uma vez que a fixação biológica de N é dependente das condições ambientais e apresenta uma grande variação (Nutmans, 1976). Outra possibilidade é o aumento do teor do solo em matéria orgânica, o que é uma tarefa difícil em condições



**Fotografia 1**

Ensaio de azoto na cultura de Trigo, na folha com 2.12 % de matéria orgânica, no Centro Experimental da Revilheira. Imagem colhida em 15 de Março de 2015. É bem visível o crescimento vigoroso do trigo mesmo nos talhões sem aplicação (centro da imagem), assim como a quase ausência de efeito visual dos diferentes tratamentos (entre 0 e  $180 \text{ kg N/ha}$ ) na variação do crescimento da cultura.

Mediterrânicas (Alves, 1961), devido ao efeito da temperatura média anual na sua taxa de mineralização (Jenkinson and Ayanaba, 1977).

Neste artigo dá-se conta, de uma forma resumida, dos trabalhos realizadas no ICAAM sobre vários destes assuntos.

### MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio em que se avaliou o uso de adubos amoniacais em conjunto com inibidores da nitrificação (3,4-dimethyl pyrazole phosphate - DMPP) foi realizado num solo Pm no ano de 2003/2004 e decorreu no Centro Experimental da Revilheira, em conjunto com a Direção Regional de Agricultura do Alentejo. Foram testados dois tipos de adubos ( $\text{NH}_4$ + DMPP e  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) nas doses de 20, 40 60 e  $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . No caso do azoto nitro-amoniaco, 20

$\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  foram aplicados à sementeira (15 de novembro) e o restante numa cobertura a 20 de janeiro. O adubo  $\text{NH}_4$ +DMPP foi aplicado todo à sementeira. Foi aplicada uma segunda cobertura, variável de acordo com a adubação de fundo + 1ª cobertura, de forma a igualar a adubação total de todos os tratamentos a  $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  com um adubo nitro-amoniaco (28 de fevereiro).

Para estudar o efeito de leguminosas na resposta do trigo ao N foram realizados ensaios, entre 1991/92 e 1995/95, num solo Bvc na Herdade da Almocreva (Beja), envolvendo rotações de dois anos. Foram testadas três leguminosas para grão (fava, ervilha e grão de bico todas semeadas no outono), três leguminosas forrageiras (luzernas anuais, trevo encarnado e trevo da pérsia) e o girassol foi utilizado como testemunha. No ano seguinte foi seme-



**Fotografia 2**

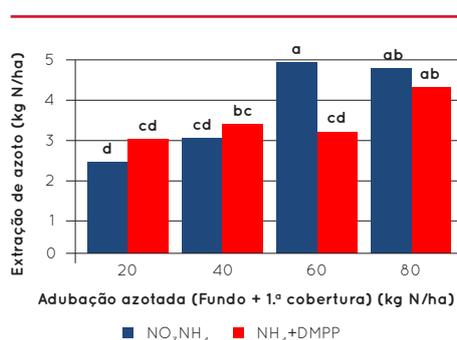
Ensaio de azoto na cultura de Trigo, na folha com 1.04 % de matéria orgânica, no Centro Experimental da Revilheira. Imagem colhida em 15 de Março de 2015. É bem visível a deficiência de azoto dos talhões sem aplicação (centro da imagem), assim como a variação do crescimento em função do azoto aplicado (entre 0 e 180 kg N/ha).

ado trigo com quatro níveis de N (0, 60, 120 e 180 kg N ha<sup>-1</sup>).

O estudo relativo à resposta do trigo ao azoto, em função do teor do solo em matéria orgânica, foi realizado num solo Pm, no Centro Experimental da Revilheira, em conjunto com a Direção Regional de Agricultura do Alentejo, em que se compararam diferentes sistemas de mobilização do solo e gestão dos resíduos das culturas. A rotação de culturas do campo de ensaio foi tremocilha → trigo → Aveia para feno → cevada. Os talhões em mobilização convencional e enfardação das palhas dos cereais (1.04% de matéria orgânica na camada 0-30 cm) e os talhões em sementeira direta com manutenção das palhas (2.12% de matéria orgânica 0-30 cm) foram utilizados para realizar ensaios de resposta do trigo ao azoto. Foram utilizados quatro níveis (0, 60, 120 e 180 kg N ha<sup>-1</sup>), dos quais 20 kg N ha<sup>-1</sup> à sementeira e o restante aplicado em duas coberturas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

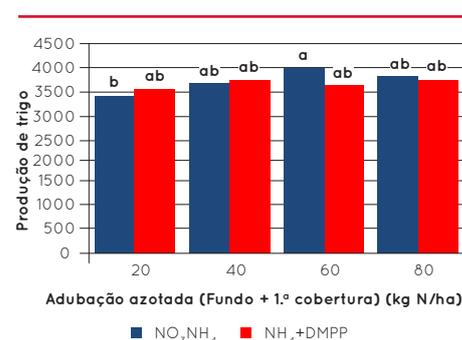
A utilização do adubo amoniacal com o inibidor da nitrificação, aplicado de uma só vez em fundo, não melhorou a recuperação de azoto pela cultura à data da 2ª cobertura (Figura 1) nem a produção atingida (Figura 2).



**Figura 1**

Extração de azoto pela cultura de trigo à data da 2ª cobertura em função do tipo de adubo e dose aplicada na adubação de fundo e 1ª cobertura.

De facto, foi o tratamento com azoto nitro-amoniacal, com a distribuição de 20 unidades de fundo e 40 na 1ª cobertura, que conduziu aos melhores resultados em relação a qualquer dos dois parâmetros. Esta solução tem ainda a vantagem de permitir ajustar a adubação a praticar à precipitação do ano, de acordo com o modelo de gestão do azoto proposto no artigo anterior. Naturalmente, esta solução exige que a transitabilidade do solo esteja assegurada,



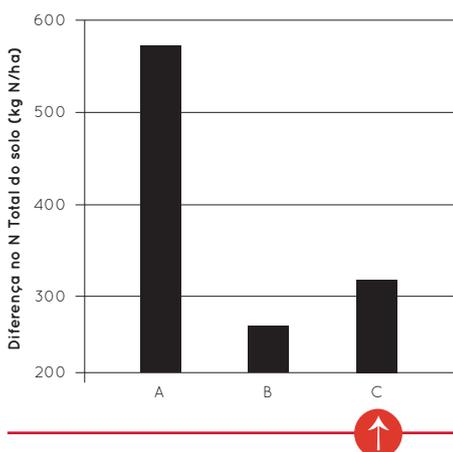
**Figura 2**

Produção da cultura de trigo em função do tipo de adubo e dose aplicada na adubação de fundo e 1ª cobertura. Em todos os tratamentos foi aplicada uma 2ª cobertura variável, de forma a igualar a adubação azotada total a 160 kg N/ha, em todos os tratamentos.

peço que será recomendável em sistemas de sementeira direta ou solos com uma boa drenagem. Em solos mobilizados e em que não seja possível assegurar a aplicação de azoto em janeiro, a utilização do adubo amoniacal com o inibidor da nitrificação deverá ser uma solução a ponderar. Terá a vantagem de aumentar

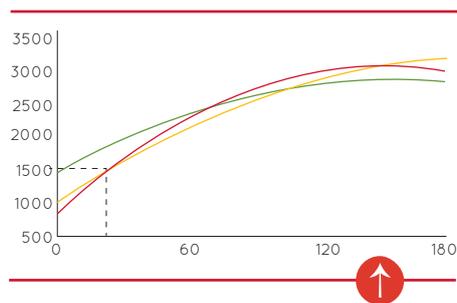
o potencial produtivo em anos chuvosos, mas terá os inconvenientes de, por um lado ser mais caro e, por outro, de poder conduzir a uma adubação excessiva em anos secos, uma vez que compromete à sementeira uma dose maior de azoto.

A utilização de leguminosas como precedente cultural do trigo aumenta a reserva de azoto no solo comparativamente ao girassol (Figura 3).



**Figura 3** Efeito do precedente cultural no azoto total do solo antes da sementeira do trigo, em Novembro. **A** Diferença entre a média das leguminosas forrageiras e o girassol; **B** Diferença entre a média das leguminosas para grão e o girassol; **C** Diferença entre a média das leguminosas forrageiras e para grão. Valores médios de quatro anos. Solo Bvc - Herdade da Almocreva, Beja.

Das leguminosas testadas, as forrageiras revelaram uma maior capacidade de fixar azoto. No entanto, a eficiência de utilização deste azoto pela cultura do trigo, no ano seguinte, foi muito baixa (Figura 4). O valor ótimo da adubação azotada para a cultura do trigo foi idêntico após os três grupos de precedentes (cerca de 130 kg N/ha), pelo que nenhuma vantagem económica teria resultado, em relação à economia do azoto. Apenas na ausência de adubação azotada, o trigo após as leguminosas forrageiras apresentou uma vantagem produtiva comparativamente ao trigo após girassol (cerca de 500 kg/ha), mas teria bastado apenas a aplicação de 24 kg N/ha, para anular esta vantagem produtiva. Não se está a afirmar que a utilização de leguminosas nas rotações com cereais é errada, até porque podem trazer



**Figura 4** Resposta do trigo ao azoto aplicado após diferentes precedentes culturais. Valores médios de quatro anos. Solo Bvc - Herdade da Almocreva, Beja.

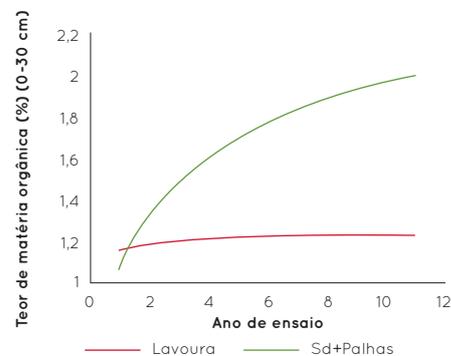
outras vantagens como o controlo de doenças. Também numa perspetiva de aumento do teor de matéria orgânica do solo, as leguminosas podem ter um papel decisivo, uma vez que este aumento exige a manutenção no solo de resíduos resilientes à decomposição (elevado teor de lignina), como as palhas dos cereais e azoto, para a sua decomposição por parte dos micro-organismos do solo, azoto este que pode ser fornecido pelas leguminosas da rotação. No entanto, este estudo mostra que, numa estratégia de curto prazo, ou seja, de transferir diretamente azoto de uma leguminosa para a cultura seguinte de um cereal, as vantagens económicas e mesmo ambientais são muito duvidosas.

O baixo teor de matéria orgânica da generalidade dos nossos solos não é uma inevitabilidade do ambiente Mediterrânico. Em sistemas de sementeira direta consegue-se reduzir as suas perdas, tanto por erosão como por mineralização e, se aumentarmos as adições ao solo mantendo os resíduos das culturas no terreno, é possível aumentar, de forma significativa e relativamente rápida, o teor do solo em matéria orgânica e sem recurso à importação de matéria orgânica exógena (Figura 5). Os ensaios de resposta do trigo à adubação azotada conduzidos nestas duas folhas, com valores díspares de matéria orgânica, permitiram ajustar um modelo que correlaciona a produção de trigo (Y - kg/ha), a adubação azotada (N - kg N/ha) e o teor de matéria orgânica na camada de 0-30 cm (M.O. - %):

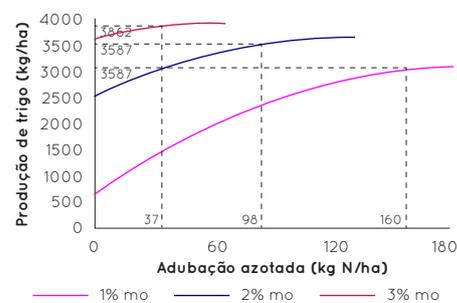
$$Y = 631 + 35*N - 0.07*N^2 + 2718*Ln(M.O.) - 8.6*N*M.O. (r^2 = 0.80 p < 0.001)$$

Este modelo mostra que o teor de matéria orgânica do solo, para além de aumentar o seu potencial produtivo, permite uma redução da

adubação azotada necessária para se atingir o ótimo económico. A equação está representada graficamente na Figura 6.



**Figura 5** Evolução do teor do solo em matéria orgânica no ensaio de sistemas de mobilização do solo e gestão dos resíduos das culturas. No tratamento lavoura, as palhas dos cereais foram enfardadas (1 t de resíduos. Ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) e no tratamento Sd+palhas, as palhas dos cereais foram mantidas no terreno (3 t de resíduos.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>). Centro Experimental da Revilheira, solo Pm.

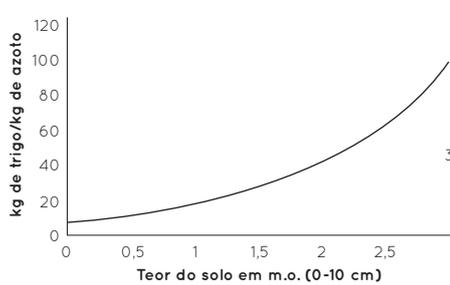


**Figura 6** Resposta do trigo à adubação azotada em função do teor do solo em matéria orgânica (0-30 cm). Centro Experimental da Revilheira - solo Pm.

O aumento do teor de matéria orgânica de 1 para 2 % aumentou a produção de trigo de 3063 para 3587 kg/ha e, ao mesmo tempo, reduziu a adubação azotada necessária de 160 para 96 kg N/ha. Extrapolando o modelo para 3 % de matéria orgânica (valor que não chegou a ser atingido durante o ensaio), o valor a esperar para a



produção de trigo seria de 3862 kg/ha para uma adubação azotada de 37 kg N/ha. Isto significa uma redução da adubação azotada ótima de cerca de 64 kg N/ha, por cada aumento de 1% no teor de m.o. do solo. Mas porque a produção esperada aumenta, a eficiência de utilização da adubação azotada para a produção de trigo aumenta exponencialmente com o teor do solo em matéria orgânica (Figura 7). Nas Fotografias 1 e 2 este efeito da matéria orgânica do solo, na produção do trigo e sua resposta ao azoto, está bem expressa. Na Fotografia 2 está uma imagem do ensaio de azoto na folha convencional (1,04% de m.o.) e na Fotografia 1 do mesmo ensaio na



**Figura 7**

Eficiência de utilização do adubo azotado na produção de trigo, em função do teor do solo em matéria orgânica (0-30 cm). Centro experimental da Revilheira – solo Pm.

folha enriquecida em matéria orgânica (2.12% m.o.). É bem visível a diferença entre os dois campos, não só no potencial produtivo do trigo, mas também na sua dependência da adubação azotada.

A eficiência da adubação azotada, na produção de trigo em condições Mediterrânicas, é normalmente baixa, por restrições climáticas e edáficas. Por um lado, a variabilidade intra-anual do clima torna muito difícil o cálculo da adubação ótima e, assim, conduz a erros frequentes na dose a plicar. A solução para este problema foi abordada em artigo anterior e passa por repartir a adubação azotada em duas coberturas, ajustando-as ao valor da precipitação. Por outro lado, durante os meses de dezembro a fevereiro decorre o afinamento e a diferenciação das espiguetas da cultura, fases decisivas na definição do potencial produtivo. Não é, assim, admissível a deficiência de azoto durante estes meses e, dado o baixo teor de matéria orgânica da generalidade dos nossos solos, a nutrição azotada está muito dependente da aplicação de adubos. Em Invernos chuvosos, as perdas de azoto são muito elevadas, pelo que a eficiência de utilização do adubo pela cultura é baixa. Para ultrapassar este problema a utilização de adubos amoniacais com inibidores da nitrificação, ou a incorporação de leguminosas anuais como precedentes do trigo na rotação, parecem não ter uma contribuição significativa para se ultrapassar o problema. A única via é o aumento do teor do solo

em matéria orgânica. Para o efeito é necessário reduzir as perdas, ou seja, mobilizar o solo o mínimo possível, e aumentar o retorno dos resíduos ao solo. A manutenção das palhas dos cereais no terreno é decisiva nesta estratégia. Juntamente com as palhas é necessário a adição de azoto que, neste contexto, pode e deve ser proveniente da inclusão de leguminosas na rotação. Neste caso, o azoto fixado pelas leguminosas não se destina a ser absorvido pelo cereal, mas sim a permitir aos micróbios do solo a transformação do carbono recalcitrante das palhas, especialmente a lignina, em húmus do solo. ■

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida LAV (1965) A lavagem do azoto dos adubos e as águas das chuvas num solo granítico. *Anais ISA* 7: 263-288.
- Alves JA (1961) O problema da manutenção da fertilidade na agricultura do sul. *Melhoramento* 14: 13-411.
- Di HJ, Cameron KC (2002) The use of a nitrification inhibitor, dicyandiamide (DCD), to decrease nitrate leaching and nitrous oxide emissions in a simulated grazed and irrigated grassland. *Soil Use and Management* 18, 395-403
- Jenkinson DS, Ayanaba A (1977) Decomposition of carbon-14 labeled plant material under tropical conditions. *Soil Sci Soc Am J* 41:912-915
- Liu C, Wang K, Zheng X (2013) Effects of nitrification inhibitors (DCD and DMPP) on nitrous oxide emission, crop yield and nitrogen uptake in a wheat-maize cropping system. *Biogeosciences*, 10, 2427-2437.
- Nutman PS (1976) *Symbiotic nitrogen fixation in plants* Cambridge University Press, Cambridge, 584 pp.