

## DINÂMICA DOS FERTILIZANTES NITROGENADOS A BASE DE NITRATO



**André Guarçoni M.**

D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas  
Pesquisador do Incaper

Considerando os elevados custos de produção da agricultura em geral, intensificados pela variação climática, especialmente a inconstância do regime pluviométrico, é pressuposto de maior eficiência a utilização de insumos que apresentem maior estabilidade em relação às modificações do meio. Dentre os fertilizantes, as fontes de nitrogênio são as que sofrem maior influência do clima, uma vez que este nutriente, além de ser o mais absorvido pelas culturas, apresenta dinâmica própria no ambiente solo:planta:atmosfera, podendo apresentar expressivas perdas se mal manejado.

Os fertilizantes nitrogenados são apresentados, em geral, contendo três formas básicas de nitrogênio: amida, amônio e nitrato. Como não há consistência em se atribuir valor ao que quer que seja, sem desenvolver comparações mútuas, iremos discutir os efeitos das fontes nítricas comparando-os aos efeitos das fontes amídicas e amoniacais. Para tanto, iremos apresentar, inicialmente, cada fonte isoladamente, para posteriormente proceder as comparações em situações práticas de campo.

### Amida

A amida é forma básica do fertilizante nitrogenado mais utilizado na agricultura: a ureia. Este é um adubo mineral sintetizado industrialmente, contendo, aproximadamente, 45 % de N, cuja fórmula química é  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .

As plantas não absorvem a ureia diretamente do solo, esta deve ser transformada em  $\text{NH}_4^+$  (amônio) ou  $\text{NO}_3^-$  (nitrato), que são as formas preferencialmente absorvidas. Ao se aplicar a ureia no solo, ela é rapidamente hidrolisada pela ação da urease, enzima liberada por microrganismos, formando  $\text{NH}_4^+$ , segundo a reação simplificada:  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NH}_4^+ + \text{CO}_3^{2-} + \text{OH}^-$ . Pela reação, pode-se notar que, além da formação de  $\text{NH}_4^+$ , há liberação de  $\text{OH}^-$ , o que eleva bastante o pH em torno do grânulo de ureia aplicado.

O  $\text{NH}_4^+$  formado poderá ser absorvido pelas plantas, imobilizado por microrganismos, convertido à  $\text{NO}_3^-$  por meio da nitrificação ou adsorvido por forças eletrostáticas aos sítios de troca do solo. Além disso, pode ocorrer a rápida transformação do  $\text{NH}_4^+$  em  $\text{NH}_3$  (g) (amônia), que é um gás e se perde para a atmosfera, fenômeno denominado como volatilização da amônia. A reação simplificada de volatilização da amônia é a seguinte:  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{NH}_3$  (g) +  $\text{H}_2\text{O}$ . Quanto mais alcalino o solo (maior pH), mais a reação tenderá para a direita, ou seja, formação de  $\text{NH}_3$  (g). Dessa forma, há um efeito cumulativo das duas reações, gerando elevada volatilização de  $\text{NH}_3$  (g). Na hidrólise da ureia há formação de  $\text{OH}^-$  que, em

conjunto com o  $\text{OH}^-$  proveniente do solo, irá reagir com o  $\text{NH}_4^+$ , causando elevada perda de nitrogênio do sistema solo:planta na forma de  $\text{NH}_3(g)$  (ERNANI, 1999).

As perdas de nitrogênio por volatilização da amônia, quando se aplica a ureia em cobertura, estão compreendidas entre 25 – 30 % da quantidade aplicada, podendo chegar a 70 % dependendo do solo e da forma de aplicação (LARA CABEZAS et al., 1997a,b; CANTARRELLA et al., 2008). Apesar disso, devido a sua elevada concentração de nitrogênio, a ureia é, geralmente, o fertilizante que apresenta o menor custo por Kg nitrogênio do mercado.

Como a urease é uma enzima “elaborada” por microrganismos, e, quanto mais as condições do meio favorecerem a atuação dos mesmos, maior a produção de urease e maior a transformação da ureia em  $\text{NH}_4^+$ , com possíveis perdas de nitrogênio por volatilização de  $\text{NH}_3(g)$ . Essas condições favoráveis são: pH elevado, umidade adequada, temperatura elevada e presença de restos culturais.

### **Amônio**

O amônio é forma básica de nitrogênio de diversos fertilizantes, sendo o mais utilizado o sulfato de amônio. A concentração de nitrogênio no sulfato de amônio não é elevada (20 % de N). Mas esse fertilizante perde pouco nitrogênio por volatilização, especialmente se não for aplicado sobre resíduos culturais, uma vez que, para ocorrer a transformação do  $\text{NH}_4^+$  em  $\text{NH}_3(g)$ , há necessidade de elevada concentração de  $\text{OH}^-$  no meio, ou seja, o pH do solo deve ser elevado. Além disso, o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) pode ser retido nas cargas negativas ou sítios de troca do solo, o que reduz sua perda por lixiviação. Por outro lado, o sulfato de amônio acidifica o solo em demasia, formando, após a reação de nitrificação (formação de  $\text{NO}_3^-$  a partir de  $\text{NH}_4^+$ ), dois  $\text{H}^+$  para cada  $\text{NH}_4^+$  adicionado. Qualquer fertilizante nitrogenado que contenha amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) na sua composição terá a mesma dinâmica do sulfato de amônio, diferindo apenas em relação à concentração de  $\text{NH}_4^+$ , o que poderá intensificar ou não as reações.

### **Nitrato**

O nitrato, por sua vez, é forma básica de um bom número de fertilizantes nitrogenados, sendo o mais utilizado o nitrato de cálcio. Este grupo de fertilizantes não perde nitrogênio por volatilização da amônia, nem acidifica o solo, pois já é o produto final da transformação do nitrogênio (ureia  $\rightarrow$  amônio  $\text{NH}_4^+$   $\rightarrow$  nitrato  $\text{NO}_3^-$ ). Por outro lado, as fontes com nitrato podem perder nitrogênio também por volatilização, mas por meio de um outro processo denominado desnitrificação, que ocorre em condições de falta de oxigênio no solo: arroz inundado ou até mesmo áreas do terreno onde ocorram saturações hídricas temporárias, seja por efeito de chuvas ou irrigação. Na desnitrificação, o nitrato é reduzido por meio da ação de microrganismos à  $\text{N}_2\text{O}$  ou  $\text{N}_2$ , que são gases perdidos para a atmosfera, sendo o primeiro considerado um dos gases responsáveis pelo efeito estufa (ALCARDE, GUIDOLIN e LOPES, 1998). Contudo, a maior fonte de perdas de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é mesmo o processo de lixiviação. A maioria dos solos brasileiros apresenta um balanço de cargas negativo, ou seja, apresenta mais cargas negativas do que cargas positivas. A principal forma de retenção do  $\text{NO}_3^-$  nos solos é a ligação eletrostática: carga positiva atrai carga negativa, ou vice-versa; mas sempre com baixa energia. Se o balanço de cargas é negativo, há poucas cargas positivas para que o  $\text{NO}_3^-$  se ligue, transformando-o numa das formas de nutrientes mais perdidas por lixiviação. Ademais, solos com balanço de cargas positivo, onde o  $\text{NO}_3^-$  ficaria mais retido, são pouco adequados à agricultura.

### **Situação 1 – Aplicação em cobertura (sequeiro)**

Nessa situação, a ureia tende a perder mais nitrogênio por volatilização de amônia do que fontes amoniacais (amônio) ou nítricas (nitrato), especialmente se for aplicada a lanço em solo úmido e não chover em seguida, sendo que isto ocorre muito mais ao final das chuvas (PRIMAVESI et al., 2001), com pico máximo de perda 44 horas após a aplicação (LORENSINI et al., 2012). Este é, inclusive, um grave equívoco que a maioria dos agricultores comete. É preferível aplicar ureia em solo seco, com perspectiva de chuva próxima, do que aplicar ureia em solo úmido e não chover nos próximos três dias. Nesse caso, fontes amoniacais, como sulfato de amônio, perderiam pouca quantidade de nitrogênio por volatilização de amônia, mas, segundo Júnior, Cantarella e Quaggio (2002), dependendo do pH do solo, qualquer adubo que contenha N amoniacal está sujeito a perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ . No entanto, em solos menos alcalinos, as perdas esperadas devem ser muito pequenas para a maioria dos fertilizantes, exceto para a ureia. Mas poucas são as culturas que produzem adequadamente em solos mais ácidos. Portanto, fontes amoniacais não seriam uma saída nessa situação, especialmente se o solo estiver coberto com resíduos vegetais.

Fontes nítricas, como nitrato de cálcio ou nitrato de potássio, não perderiam nitrogênio por volatilização, caso não ocorra encharcamento do solo. Esta é a vantagem que muitos agricultores veem em aplicar as fontes nítricas: não há perdas por volatilização quando estas são aplicadas em solo seco, na ausência de chuvas. Mas se o solo estiver realmente seco, ureia e, especialmente, sulfato de amônio, perdem pouquíssimo nitrogênio por volatilização. Sem água, não há reação no solo, e sem reação, não há volatilização da amônia. Obviamente o orvalho pode umedecer levemente a superfície do solo, mas isso é irrisório. O problema, no caso, não é solo seco, é solo úmido.

Se o solo estiver úmido, e não ocorrer chuva próxima, as perdas por volatilização de amônia a partir da ureia serão muito maiores do que nos outros fertilizantes (LARA CABEZAS et al., 1997b). Caso ocorra uma chuva ou mesmo que se proceda uma irrigação, estas só serão efetivas se a quantidade de água for suficiente para diluir a concentração de  $\text{OH}^-$  no entorno dos grãos de ureia (LARA CABEZAS et al., 1997a). Por outro lado, a ureia protegida realmente apresenta redução nas perdas por volatilização, o que a torna um fertilizante mais eficiente do que a ureia comum, dependendo da situação (CANTARRELLA et al., 2008). Mas esta é outra e longa história.

Considerando chuvas frequentes, a perda de nitrogênio por lixiviação será muito maior a partir das fontes nítricas do que das demais. Nesse caso, os nitratos devem ter sua aplicação extremamente parcelada, visando reduzir as perdas por lixiviação.

Um fertilizante de alta solubilidade e que apresenta efeito intermediário entre fontes amoniacais e nítricas é o nitrato de amônio. Como o próprio nome informa, o nitrato de amônio é um fertilizante nitrogenado que apresenta, em média, 32 % N, sendo 50 % na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) e 50 % na forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ). Este sofre menor perda por volatilização e acidifica menos o solo, quando comparado às fontes amídicas (ureia) e amoniacais (sulfato de amônio), e apresenta menor perda por lixiviação, quando comparado às fontes nítricas (nitrato de cálcio). É uma das principais fontes de N para a maioria das plantas que não assimilam N em alto estado de oxidação. Além de se adaptar bem às misturas NPK, é adequado para a fertirrigação e para uso como fertilizante líquido (FRANCO e NETO, 2007).

Fernandes et al. (2009), realizaram aplicação de diversos fertilizantes nitrogenados em café arábica (fontes convencionais e protegidas), realizando três parcelamentos no período chuvoso do ano, em Uberaba-MG. Foi observado que as perdas de N, por volatilização ou lixiviação, foram maiores quando o nitrato de amônio foi aplicado em grandes quantidades, reduzindo a produtividade de café em relação às doses um pouco menores. A ureia protegida foi mais eficiente do que o nitrato de

amônio apenas quando ambos foram aplicados em doses elevadas, devido às perdas do nitrato de amônio. Os autores atribuem essas perdas a um período chuvoso atípico, com um volume de chuva de 1651 mm em apenas cinco meses. Como fica claro por este trabalho, excesso de chuva pode aumentar as perdas de N por lixiviação mesmo quando se utiliza nitrato de amônio. A saída seria parcelar as doses ainda mais.

## **Situação 2 – Fertirrigação**

Nessa situação, praticamente não haverá perda por volatilização de amônia, pois os fertilizantes são incorporados ao solo, o que reduz sua disseminação para a atmosfera, mesmo que assumam formas gasosas. Para isso, a fertirrigação deve ser acompanhada de turnos de rega frequentes, ou as doses aplicadas devem ser adequadamente parceladas. Em se tratando de região com baixo índice pluviométrico, praticamente não ocorreriam perdas do sistema, mas caso ocorram chuvas esporádicas, em abundância, as perdas de nitrogênio por lixiviação poderiam ser relevantes, com maiores perdas para as fontes nítricas, mesmo que sua aplicação seja parcelada. Nesse caso, a ureia iria nitrificar mais rapidamente do que as fontes amoniacais, especialmente em solos corrigidos (SILVA e VALE, 2000), pois a elevação do pH nas proximidades do grânulo de ureia, quando da sua hidrólise inicial, promove condições favoráveis à nitrificação (WICKRAMASINGHE, RODGERS e JENKINSON, 1985).

Ocorre maior formação de nitrato a partir de ureia em solos com elevado teor de matéria orgânica e elevados valores de saturação por bases. Segundo Bortolotto et al. (2013), doses acima de 400 kg/ha de N, mesmo na forma de ureia, em áreas fertirrigadas de café no cerrado brasileiro, podem levar a perdas de nitrato (concentração na solução lixiviada) que excedem o limite estabelecido pela legislação brasileira, podendo causar contaminações de corpos d'água além de acentuada redução na eficiência dos fertilizantes.

Em fertirrigação, muitos agricultores utilizam nitrato de cálcio, com a justificativa de que este fertilizante apresenta cálcio solúvel e prontamente disponível para as plantas. Essa prática seria fundamental para plantas de ciclo muito curto ou que apresentem elevada necessidade de cálcio em picos de absorção durante o ciclo. Caso contrário, a fonte de cálcio mais barata que existe continua sendo o calcário, e uma boa correção de base pode ser considerada a alma do negócio, sendo que os trabalhos mostram isso. Alves et al. (2010) realizaram um trabalho no qual avaliaram diferentes combinações de Ureia e Nitrato de Cálcio aplicadas por fertirrigação (gotejamento) sobre o crescimento e a produtividade da bananeira Grande Naine no primeiro, segundo e terceiro ciclos de produção. Foi realizada calagem com calcário dolomítico e os fertilizantes foram aplicados duas vezes por semana, via gotejo. Os autores concluíram que não houve diferença em relação às frações aplicadas de ureia e de nitrato de cálcio, considerando as características de produtividade e de desenvolvimento da bananeira Grande Naine em três ciclos de produção. O Nitrato de cálcio aumentou o custo de produção, sendo que a aplicação de 100 % deste fertilizante apresentou a menor margem bruta, em R\$ por hectare.

Cada fonte de nitrogênio tem características próprias que bem conhecemos. Estas se tornam causas de perdas quando não são consideradas dentro do sistema de cultivo escolhido. O manejo adequado de cada tipo de fertilizante nitrogenado, para que seus pontos positivos sejam aproveitados ao máximo, é a melhor opção para qualquer cafeicultor. Mais do que a dinâmica dos fertilizantes, o fator determinante

para sua utilização será o seu custo por Kg de nitrogênio e o custo total de sua aplicação.

### Referências Bibliográficas

ALCARDE, J.C.; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3.ed. São Paulo: ANDA, 1998. (Boletim Técnico, 3).

ALVES, M.S. et al. Crescimento e produtividade da bananeira cv. Grande Naine sob diferentes combinações de nitrato de cálcio e ureia. **Rev. Ceres**, 57:125-131, 2010.

BORTOLOTTI, R.P. et al. Nitrate leaching through climatologic water balance in a fertigated coffee plantation. **Rev. Ceres**, 60: 785-792, 2013.

CANTARELLA, H. et al. Ammonia volatilization from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Sci. Agric.**, 65:397-401, 2008.

ERNANI, P.R. **Nutrição e produtividade de espécies vegetais em sistemas de plantio direto e convencional**. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE: MILHO & FEIJÃO, 2., 1999, Lages. Resumos... Lages : UDESC/EPAGRI, 1999. V.1, p.19-30.

FERNANDES, A.L.T. et al. Comparação da utilização de nitrato de amônio e ureia polimerizada na produtividade e maturação do cafeeiro irrigado. In: VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Vitória-ES, 2009.

FRANCO, J. A. M.; NETO, A. S. Produção de fertilizantes nitrogenados e suprimento de matéria-prima. In: AMADA, T.; STIPP, S. R.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e Enxofre: na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI, p.73-107, 2007.

JUNIOR, D.M.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Perdas por volatilização do nitrogênio fertilizante aplicado em pomares de citros. **Laranja**, 23: 263-270, 2002.

LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **R. Bras. Ci. Solo**, 21:481-487, 1997a.

LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema de plantio direto e convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, 21:489-496, 1997b.

LORENSINI, F. et al. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, 42: 1173-1179, 2012.

PRIMAVESI, O. et al. **Adubação com ureia em pastagem de Cynodon dactylon cv. Coastcross sob manejo rotacionado: Eficiência e perdas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. (Circular Técnica, 30).

SILVA, C.A.; VALE, F.R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. **Pesq. Agropec. Bras.**, 35: 2461-2471, 2000.

WICKRAMASINGHE, K.N.; RODGERS, G.A.; JENKINSON, D.S. Transformations of nitrogen fertilizers in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, 17: 625-630, 1985.

Fonte: Revista Campo e Negócios

**Participe do Curso Online: "Correção do solo e adubação para  
aumentar a lucratividade do cafezal" e saiba mais!**

Início: 22/08

Inscrições: <http://www.educapoint.com.br/curso/cafezal/>

Contato: [cursos@agripoint.com.br](mailto:cursos@agripoint.com.br)

(19) 3432-2199