

# **DINÂMICA DE MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO INTRODUIDO PELO USO DA VINHAÇA EM SOLO AGRÍCOLA**

PEDRO H. B. **MOURA**<sup>1</sup>; ALINE R. **COSCIONE**<sup>2</sup>; CRISTIANO A. **ANDRADE**<sup>3</sup>

Nº 0900029

## **RESUMO**

Na produção de etanol de cana-de-açúcar é gerado um resíduo líquido denominado vinhaça. O solo tem sido o destino da vinhaça, uma vez que possui teores apreciáveis de potássio, funcionando como fertilizante para a cana-de-açúcar. Neste contexto, o objetivo deste projeto é estudar a dinâmica de mineralização do nitrogênio da vinhaça, complementada ou não com uréia, visando à adequação da aplicação de vinhaça frente às necessidades de preservação da qualidade do solo agrícola e águas subterrâneas. Para tal, três solos foram utilizados, um dos quais com saturação de K na CTC superior a 5%. Foram utilizadas também amostras de vinhaça concentrada e vinhaça mosto misto. No ensaio de mineralização, os solos foram divididos em porções de 100 g e incubados com os seguintes tratamentos: água (controle), vinhaça e vinhaça mais uréia. Para o ensaio de lixiviação foram utilizadas colunas de PVC de 60 cm de altura, com os mesmos tratamentos da mineralização, acrescentando um tratamento apenas com uréia. A mineralização do N orgânico original do solo foi elevada e deve ter mascarado a verificação da mineralização do N da vinhaça, supostamente baixa comparativamente à primeira. Dessa forma, é possível inferir sobre o pequeno risco adicional de contaminação de águas subterrâneas pela lixiviação de nitrato em função do uso agrícola da vinhaça. Também não houve evidência qualquer de efeito negativo da saturação do solo com K na mineralização do N da vinhaça.

## **ABSTRACT**

In the production of ethanol from sugar cane waste is generated a net called vinasse. The soil has been the fate of the stillage, as has appreciable levels of potassium, which acts as fertilizer for sugar cane. In this context, the objective of this project is to study the dynamics of mineralization of nitrogen from the stillage, supplemented or not with urea, to the adequacy of the application of vinasse front needs to preserve the quality of

---

<sup>1</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia Ambiental, PUC Campinas, Campinas – SP; pedro\_fejao@hotmail.com

<sup>2</sup> Orientadora: Pesquisadora Científica, Centro de Solos e Recursos Ambientais, IAC, Campinas-SP.

<sup>3</sup> Colaborador: Pesquisador Científico, Centro de Solos e Recursos Ambientais, IAC, Campinas-SP.

agricultural soil and groundwater. To this end, three soils were used, including one with saturation of K in CTC than 5%. We also used samples of concentrated vinasse and vinasse mixed mash. In the test of mineralization, soils were divided into portions of 100 g and incubated with the following treatments: water (control), vinasse and vinasse plus urea. For the leaching test were used PVC columns of 60 cm in height, with the same treatments of mineralization, adding only a treatment with urea. The mineralization of organic N of the original soil was high and must have masked the verification of the N mineralization of vinasse, supposedly low compared to the first. Thus, it seems on the small additional risk of contamination of groundwater by leaching of nitrate according to the agricultural use of vinasse. There was also no evidence of any negative effect of saturation of soil with K of N mineralization in the vinasse.

## **INTRODUÇÃO**

A cana-de-açúcar é responsável por 1,7% do PIB brasileiro, pela geração de 1,2 milhões de empregos ano<sup>-1</sup>, além da movimentação de cerca de 25 bilhões de reais por ano. Na última safra, 2008/2009, ocupou 6,5 milhões de hectares, com produtividade média de 75 t ha<sup>-1</sup> e uma produção em torno de 487 milhões de toneladas. Foram produzidos 28,6 milhões de toneladas de açúcar e 23,8 bilhões de litros de álcool (UNICA, 2009).

Na produção de etanol de cana-de-açúcar é gerado um resíduo líquido denominado vinhaça, cuja proporção é de 13 L de resíduo para cada 1 L de etanol produzido. A vinhaça apresenta-se como um líquido de cor parda clara, escurecendo na medida em que se oxida pela exposição ao ar. Sua composição apresenta variações em função do processo individual de cada usina, entretanto este resíduo contém quantidades consideráveis de potássio e nitrogênio, dentre outros nutrientes, além de elevada quantidade de matéria orgânica. Diversos estudos demonstram o potencial da vinhaça como fonte de potássio para a lavoura canavieira, mas poucos trabalhos contemplam a avaliação do impacto ambiental causado pela adição desse resíduo ao solo, tendo em vista o comportamento do carbono e do nitrogênio aplicados com a vinhaça. Neste contexto, o aporte de nitrogênio ao solo por meio de resíduos orgânicos em geral, e particularmente pela vinhaça, merece atenção, pois a mineralização das formas orgânicas de N pode aumentar excessivamente os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo, que se não absorvido pela cultura, torna-se passível de perda por lixiviação e aumenta o risco de contaminação de águas subterrâneas. O arraste lateral, principalmente pela água de escoamento superficial, também pode comprometer a qualidade de corpos d'água superficiais.

O objetivo deste projeto é estudar a dinâmica de mineralização do nitrogênio da vinhaça, complementada ou não com uréia, visando à adequação da aplicação de vinhaça frente às necessidades de preservação da qualidade do solo agrícola e águas subterrâneas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizadas três amostras de solos (camada 0 –20 cm): um de textura arenosa (pH = 5) e dois de textura argilosa (pH = 5), sendo um deles com a saturação de potássio na CTC superior a 5% (pH = 4,7). Dois tipos de vinhaças foram utilizadas no experimento e caracterizadas segundo a Norma Técnica P4. 231 (CETESB, 2005). São elas: vinhaça concentrada (VC) e vinhaça mosto misto (VMM).

Para o ensaio de mineralização do nitrogênio o procedimento adotado foi o sem lixiviação conforme descrito em COSCIONE & ANDRADE, 2006. Periodicamente (0, 7, 14, 28, 56, 126 dias de incubação) duas repetições de cada tratamento foram avaliadas quanto ao teor de N inorgânico e determinação do pH do solo em solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>. Os tratamentos empregados foram: água (controle - tratamento 1), vinhaça (tratamento 2; 225 kg ha<sup>-1</sup> de K via vinhaça) e vinhaça + uréia (tratamento 3; 225 kg ha<sup>-1</sup> de K via vinhaça e 222 kg ha<sup>-1</sup> de uréia). Os tratamentos 2 e 3 corresponderam a adições de N total iguais a, respectivamente, 45 e 95 mg kg<sup>-1</sup>, ou 90 e 190 kg ha<sup>-1</sup> (VC); e 28 e 78 mg kg<sup>-1</sup> ou 56 e 156 kg ha<sup>-1</sup> (VMM).

Para o ensaio com lixiviação, foram usados tubos de PVC com diâmetro de 10 cm e altura de 60 cm, no interior das quais se aplicou parafina derretida para aumentar a rugosidade e evitar o fluxo preferencial de água pelas paredes. Na parte inferior da última seção foi colocada uma manta acrílica e acoplada uma capa de PVC com um furo no centro e mangueira, para escoamento da solução percolada. A vinhaça utilizada para tal experimento foi a mosto misto e o solo foi o argiloso saturado com K, em diferentes profundidades (0 - 20 cm; 20 – 40 cm, 40 – 80 cm). Os solos foram umedecidos a 70% da capacidade de campo antes do preenchimento das colunas (280 mL kg<sup>-1</sup>). Os tratamentos aplicados foram os seguintes: controle (tratamento 1), vinhaça (tratamento 2; 55 kg ha<sup>-1</sup> de N), vinhaça + uréia (tratamento 3; 155 kg ha<sup>-1</sup> de N) e uréia (tratamento 4; 100 kg ha<sup>-1</sup> de N). Análises de N inorgânico, N orgânico, pH, Na, K e Condutividade elétrica serão realizadas para a obtenção de resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo argiloso saturado com K obteve aumento de N inorgânico no tratamento com vinhaça e uréia, em ambas as vinhaças, por toda a incubação e inclusive aos 126 dias, quando o teor de N mineral foi quase o dobro do determinado no controle (Figura 1A e 1B). Os valores de N mineral no solo argiloso variaram bastante durante o período de incubação, principalmente no tratamento que recebeu apenas VC (Figura 1C). Ao final dos 126 dias de incubação, para a VC, não houve mineralização líquida de N no solo com vinhaça, ou seja, o teor mineral foi semelhante ao do tratamento controle. Somente o tratamento com vinhaça + uréia evidenciou mineralização líquida (Tabela 1). Para a incubação com VMM a mineralização foi baixa no solo com vinhaça ao final do período, porém elevada no tratamento onde a uréia foi adicionada (Figura 1D). No solo arenoso também se pode considerar que não houve mineralização líquida do N da VC aplicada sozinha, principalmente a partir dos 28 dias de incubação quando os valores de N mineral foram, estatisticamente, iguais ao tratamento controle (Figura 1E). O solo com vinhaça e uréia exibiu, a partir dos 14 dias, teores de N mineral superiores aos verificados nos demais tratamentos (Figura 1E e 1F), sendo que ao final do período de incubação este apresentou taxa de mineralização igual a 21,10% e 49% para a VC e VMM, respectivamente (Tabela 1).

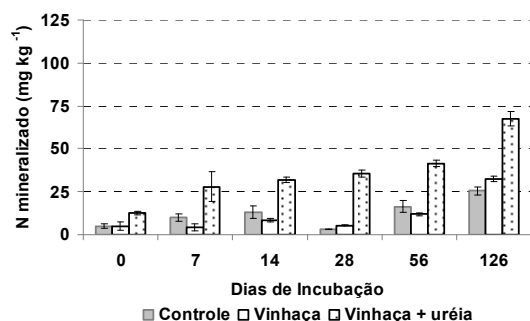
A adição da VC e VMM aumentou o pH dos três solos estudados com efeito adicional da uréia no tempo zero para os solos arenoso e argiloso (Tabela 2). O efeito da vinhaça ou vinhaça + uréia no pH do solo arenoso foi bastante pronunciado em ambas as vinhaças, com aumentos relevantes em relação ao controle e tendência à redução dessas diferenças com o tempo de incubação. Nos solos argilosos, o aumento de pH em função do uso da vinhaça ou vinhaça + uréia não foi tão elevado, sendo inferior ao verificado no solo com textura arenosa, porém com a mesma tendência de redução das diferenças em relação ao controle. Para os três solos, os teores de N mineral (nitrato + amoniacal) tenderam a aumentar com o tempo de incubação para ambas as vinhaças (Figura 1).

De modo geral, as taxas de mineralização do N da vinhaça e da vinhaça e uréia, para ambas as vinhaças, foram bastante modestas e indicam que o N da vinhaça talvez não seja prontamente mineralizado no solo após a adição do resíduo.

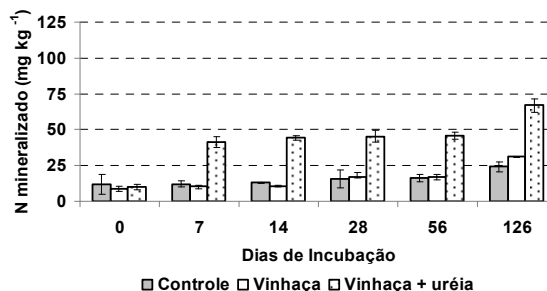
Com relação ao experimento com lixiviação, pode-se afirmar que após 40 dias de incubação não houve mineralização de N inorgânico, por outro lado, há um aumento no N orgânico pelo próprio resíduo (VMM). Os valores de pH tiveram um aumento inicial (24

dias de incubação), porém após os 40 dias de experimento os valores permanecem estáveis em torno de 6,5 (tratamento com uréia) e 6 (tratamentos sem uréia). Este experimento está em andamento, portanto mais resultados ainda serão apresentados.

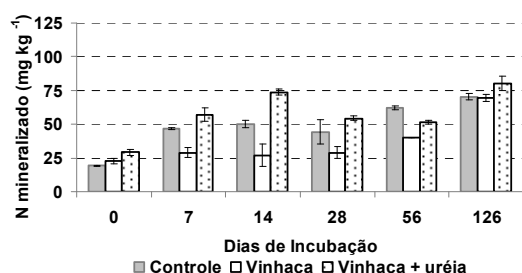
(A) VC - Solo Argiloso Saturado com K



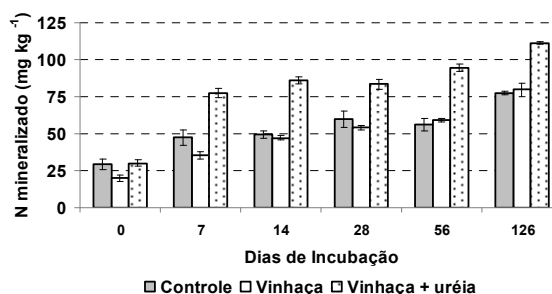
(B) VMM - Solo Argiloso Saturado com K



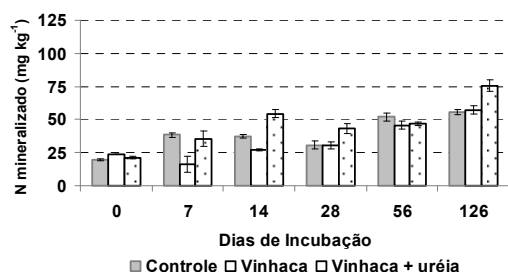
(C) VC - Solo Argiloso



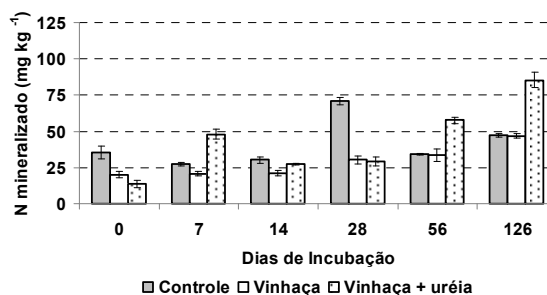
(D) VMM - Solo Argiloso



(E) VC - Solo Arenoso



(F) VMM - Solo Arenoso



**Figura 1.** Nitrogênio inorgânico mineralizado em misturas de solo com vinhaça concentrada (A, C e E) ou vinhaça mosto misto (B, D e F) ao longo de 126 dias, nos três solos estudados. Solo Argiloso saturado com K (A e B), Solo Argiloso (C e D) e Solo Arenoso (E e F). Para os tratamentos com vinhaça e vinhaça + uréia, as seguintes doses de N foram aplicadas: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N e 190 kg ha<sup>-1</sup> de N para VC e 56 kg ha<sup>-1</sup> de N e 156 kg ha<sup>-1</sup> de N para VMM, respectivamente.

**Tabela 1.** Taxas de mineralização, em porcentagem, ao final dos 126 dias de incubação.

Solo	Tratamentos			
	VC	VC + uréia	VMM	VMM + uréia
Argiloso Saturado com K	15,30%	44,10%	25,28%	54,81%
Argiloso	0%	10,40%	7,60%	43,15%
Arenoso	1,90%	21,10%	0%	49%

**Tabela 2.** Valores de pH ao longo dos 126 dias de incubação.

Solo / Tratamento	Incubação (dias)					
	0	7	14	28	56	126
<b>Argiloso Saturado com K</b>				pH		
controle (VC)	5,1	4,6	5,0	4,7	4,6	4,5
VC	5,6	5,0	5,3	5,0	5,0	4,9
VC + uréia	5,6	5,0	5,2	4,9	4,9	4,8
controle (VMM)	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5
VMM	4,8	4,6	4,5	4,5	4,5	4,5
VMM + uréia	4,9	4,7	4,5	4,4	4,3	4,5
<b>Argiloso</b>						
controle (VC)	5,3	4,9	5,1	4,8	4,8	4,7
VC	5,5	5,1	5,4	5,1	5,0	4,9
VC + uréia	5,8	5,2	5,5	5,4	4,9	4,9
controle (VMM)	4,9	4,8	4,6	4,7	4,5	4,5
VMM	5,2	4,9	4,8	4,8	4,6	4,7
VMM + uréia	5,3	5,0	4,8	4,6	4,5	4,7
<b>Arenoso</b>						
controle (VC)	5,7	4,7	5,2	4,8	4,7	4,6
VC	6,9	6,3	6,4	5,9	5,6	5,5
VC + uréia	7,1	6,1	6,0	5,5	5,3	5,2
controle (VMM)	5,1	4,9	4,7	4,5	4,6	4,5
VMM	6,0	5,7	5,2	5,0	4,8	4,8
VMM + uréia	6,6	6,1	4,6	4,7	4,6	4,4

## CONCLUSÕES

Não houve evidência qualquer de efeito negativo da saturação do solo com K na mineralização do N da vinhaça. Os valores de N mineralizado das vinhaças foram nulos ou baixos, indicando poucos riscos adicionais de contaminação de águas subterrâneas pela lixiviação de nitrato, em função do uso agrícola deste resíduo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB Norma Técnica P.4.231 – Vinhaça – Critérios e Procedimentos para aplicação no solo agrícola – jan/2005.

COSCIONE, A.R.; de ANDRADE, J.C. Protocolos para avaliação da dinâmica de resíduos orgânicos no solo (capítulo 10). In: de ANDRADE, J.C.; de ABREU, M.F. (editores). Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais. Editora IAC, Campinas, 2006, 178p.

CETESB. Critérios para aplicação de bio-sólidos em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação. São Paulo: CETESB, 32 P., 1999.