

# EFEITO DA VINHAÇA NA LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES DO SOLO

## I. NITRATO E AMÔNIO<sup>1</sup>

ARY CARLOS X. VELLOSO<sup>2</sup>, MARCOS R. NUNES<sup>3</sup> e JAIR R. LEAL<sup>4</sup>

**RESUMO** - Utilizou-se, neste experimento, um solo do Terciário (Typic Paleudult). Após incubação do solo com doses crescentes de vinhaça, na presença e ausência de N e P, procedeu-se à sua lixiviação, em colunas de percolação, com volumes crescentes de água equivalentes a 1, 2 e 3 volumes-poro. Os resultados mostraram que enquanto os teores de nitrato lixiviados decresciam, os de amônio cresciam, à proporção que se aumentavam as doses de vinhaça aplicadas às amostras de solo. A percolação da coluna de solo tratado com 400 m<sup>3</sup>/ha de vinhaça complementada com NP apresentou redução na lixiviação de nitrato em cerca de 30 ppm e acréscimo na de amônio em, aproximadamente, 4 ppm. Resalte-se, portanto, o efeito favorável da vinhaça na redução das perdas de nitrato, tendo em vista tratar-se de um íon facilmente lixiviado do solo.

Termos para indexação: despejo no solo, resíduos industriais, perdas de nutrientes do solo.

### EFFECT OF LAND DISPOSAL OF STILLAGE (RESIDUE OF ALCOHOL DISTILLARY) ON THE LEACHING OF SOIL NUTRIENTS I. NITRATE AND AMMONIUM

**ABSTRACT** - A Typic Paleudult soil was incubated with increasing volumes of stillage (equivalents to 50, 100, 150, 200 and 400 m<sup>3</sup>/ha), with and without addition of N and P, and was leached, in leaching columns, with volumes of water equivalents to, 1, 2 and 3 volumes of soil pores. For each percolated volume of water, with the increasing levels of stillage applied, the leached nitrate decreased while the leached ammonium increased. For the soil treated with 400 m<sup>3</sup>/ha of stillage, with addition of NP, and leached with three volumes of soil pores of water, the leaching of nitrate was reduced about 30 ppm and the leaching of ammonium increased about 4 ppm. Thus, the application of stillage to the soil had a favourable effect on the decrease of losses of nitrate from the soil.

Index terms: industrial residue, dump on the soil, soil nutrient losses.

## INTRODUÇÃO

O nitrato é considerado como um dos ânions mais facilmente lixiviados do solo (Burns & Dean 1964, Bauder & Schneider 1979), embora tenha sido verificado o fenômeno de adsorção de nitrato em solos tropicais (Singh & Kanehiro 1969, Kinjo & Pratt 1971, Velloso 1975). Segundo Thomas (1960) e Rajj & Camargo (1974), nos horizontes B de solos com propriedades de reter eletrólitos, existe uma taxa reduzida no movimento de nitrato, comparado com o da água. O íon amônio mos-

tra-se menos sujeito às perdas por lixiviação, devido à sua maior retenção pelos colóides do solo. Leal & Alvahydo (1971), estudando, em condições de campo, a transformação e deslocamento do íon amônio em um solo arenoso, verificaram que não houve perdas sensíveis de nitrogênio amoniacal por lixiviação, pois o amônio atingiu, no máximo, a profundidade de 14 cm. Segundo esses autores, as perdas do nitrogênio adicionado ao solo começaram a ocorrer mais intensamente no final de, aproximadamente, dois meses, quando todo o nitrogênio amoniacal foi nitrificado.

Constituiu objetivo deste trabalho o estudo do efeito da adição de doses crescentes de vinhaça na lixiviação de nitrato e amônio, em colunas de um solo de textura arenosa.

## MATERIAL E MÉTODOS

No processo de lixiviação foram utilizadas colunas de vidro com diâmetro de 5,4 cm e 35 cm de altura. Essas colunas foram empacotadas com amostras de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo (Typic Paleudult) (representativo da região canavieira de Campos, RJ), previamente incubadas com diferentes doses de vinhaça (0, 50, 100,

- <sup>1</sup> Aceito para publicação em 17 de setembro de 1981. Parte da Tese do segundo autor, para obter o título de Mestre em Agronomia, Univ. Fed. Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Trabalho realizado com recursos financeiros da FINEP (Processo IF/780).
- <sup>2</sup> Eng.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup>, Livre Docente, Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), km 47 Antiga Rodovia Rio-São Paulo, CEP 23460 - Seropédica, RJ.
- <sup>3</sup> Eng.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup>, M.Sc., Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária (EMGOPA), Caixa Postal 49, CEP 74000 - Goiânia, GO.
- <sup>4</sup> Eng.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup>, Ph.D., UFRRJ, Seropédica, RJ.

150, 200 e 400 m<sup>3</sup>/ha), na presença e ausência de NP. Nos tratamentos que levaram NP, aplicou-se, juntamente com a vinhaça, uma solução de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> em doses equivalentes a 100 kg/ha de N e 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. As características do solo e a composição da vinhaça foram apresentados em trabalho anterior (Nunes et al. 1981). Destacam-se aqui apenas os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, que são, respectivamente, 28,0 e 3,5 mg/l.

**Empacotamento das colunas** - Antes da adição do solo às colunas, estas receberam uma camada de algodão de vidro, que repousou sobre um disco de vidro perfurado, localizado na parte inferior das colunas. A seguir, adicionaram-se 700 g das amostras de solo, por intermédio de um funil de cano longo, o qual era mantido em contínua movimentação a fim de proporcionar uma distribuição mais homogênea do solo. Essa quantidade de solo adicionada foi calculada de modo a produzir uma coluna de, aproximadamente, 21 cm após sofrer um certo acamamento, adotando-se um procedimento que pudesse ser repetido uniformemente. Para tal, as colunas já contendo aquela quantidade da amostra eram apoiadas num agitador vertical, o qual permitisse vibração numa determinada velocidade durante o tempo de um minuto.

**Determinação do volume-poro** - Utilizou-se, para esta determinação, a metodologia descrita por Kinjo & Pratt (1971). Após o empacotamento das colunas, conforme descrito anteriormente, as mesmas foram colocadas em caixas de isopor, com tampa contendo vários furos, para que pudessem permanecer na posição vertical. As caixas de isopor adicionou-se água destilada, de modo a atingir uma altura que ficasse acima do nível da amostra contida na coluna. Foram aí mantidas até que uma película de água surgisse no topo da coluna contendo a amostra. Neste ponto, a coluna foi pesada e, por diferença, obtida a massa de água absorvida pela amostra, a qual correspondeu ao volume-poro da coluna empacotada com 700 g de solo. Esta determinação foi realizada com a amostra antes da incubação com vinhaça, sendo o volume-poro obtido igual a 170 ml, que foi a unidade usada para a percolação de 1, 2 e 3 volumes-poro através das colunas.

**Lixiviação das colunas** - As colunas empacotadas com a amostra foram colocadas em caixas de isopor, contendo água destilada, para a saturação. Saturadas, as colunas foram retiradas da caixa de isopor e colocadas em suportes de modo a mantê-las na posição vertical, iniciando-se imediatamente o processo de lixiviação. Para tal, utilizaram-se funis de separação aos quais foram adaptadas rolhas de borracha para que pudessem ser acopladas na parte superior das colunas de percolação. A seguir, deixou-se verter vagarosamente a água destilada dos funis, resultando numa altura de coluna de água acima da superfície da amostra em torno de 10 cm. Esta altura foi mantida constante durante o processo de lixiviação através de regulagem da torneira do funil de separação. As amostras nas colunas foram lixiviadas com 1, 2 e 3 volumes-poro, sendo feitas duas repetições para cada tratamento. A lixiviação foi terminada quando os efluentes, coletados em frascos

graduados, atingiram os volumes de 170, 340 e 510, correspondentes, respectivamente a 1, 2 e 3 volumes-poro. Após cuidadosa remoção da coluna de água, a amostra foi retirada e seccionada em três partes (terço superior, médio e inferior) que foram secas ao ar, destorradas e passadas em peneira de 2 mm.

**Metodologia analítica** - A metodologia para a análise das amostras nas colunas foi a mesma utilizada em trabalho anterior (Nunes et al. 1981). Nos efluentes, após centrifugação, foram determinados nitrato e amônio, pelos métodos descritos por Hesse (1971).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Nitrato no efluente** - A Fig. 1 mostra a variação do teor de nitrato nos efluentes de colunas de solo percoladas com volumes de água equivalentes a 1, 2 e 3 volumes-poro, tendo sido o solo previamente incubado com doses crescentes de vinhaça, na presença e ausência de NP. As curvas da Fig. 1 mos-

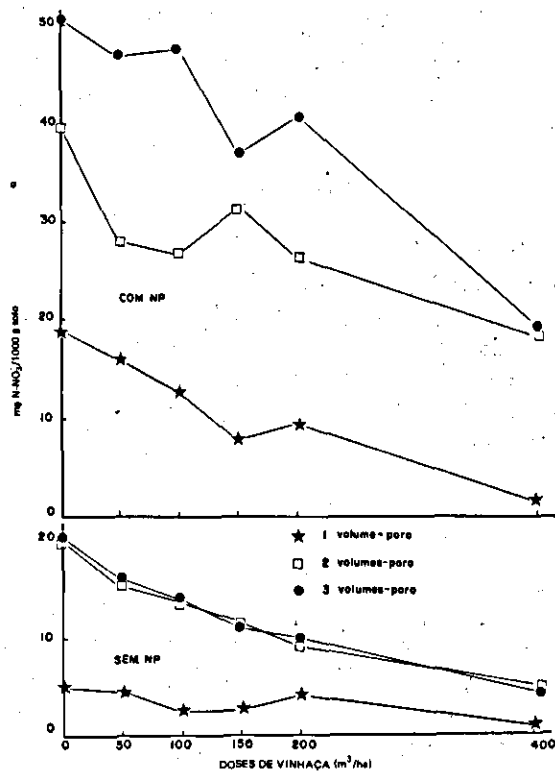


FIG. 1. Teores de nitrato nos efluentes em função dos volumes de água percolados (equivalentes a 1, 2 e 3 volumes-poro) através de colunas de solo tratado com doses crescentes de vinhaça, na presença e ausência de NP.

tram um aumento do teor de nitrato nos efluentes, à proporção que se incrementou o volume de água percolada, evidenciando a grande suscetibilidade deste íon à lixiviação. Destaca-se, ainda, nesta figura, a grande redução na lixiviação de nitrato (para cada volume-poro percolado) com as crescentes doses de vinhaça, com e sem NP, aplicadas ao solo. Para a dose de 400 m<sup>3</sup>/ha de vinhaça complementada com NP, quando se fez percolar 3 volumes-poro, que é a condição mais severa estudada, o teor de nitrato no efluente foi de cerca de 30 ppm menor do que aquele do tratamento que não recebeu vinhaça. É interessante observar que esse decréscimo de nitrato no efluente corresponde ao decréscimo de 30 ppm, observado para este ânion no solo tratado com 400 m<sup>3</sup>/ha de vinhaça na presença de NP, após 35 dias de incubação (Fig. 2).

Os teores de nitrato, nos efluentes dos tratamentos que não receberam NP, também decresceram em função das doses crescentes de vinhaça

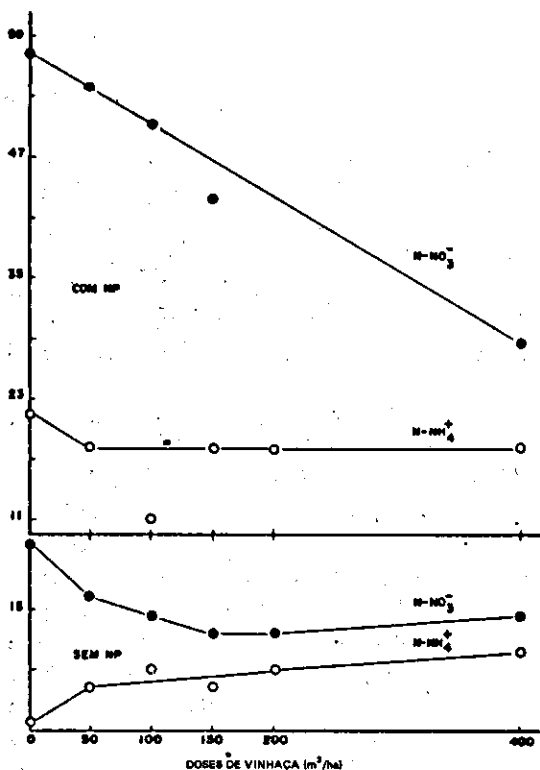


FIG. 2. Teores de nitrato e amônio no solo após o período de 35 dias de incubação, com doses crescentes de vinhaça, com e sem NP.

aplicadas ao solo. Este decréscimo do teor de nitrato nos efluentes oriundos de amostras de solo tratadas com vinhaça, foi, possivelmente, reflexo das perdas deste ânion por desnitrificação e, portanto, desvantajoso do ponto de vista de nutrição de plantas. Por outro lado, se encarado sob o ponto de vista de risco de poluição de águas subterrâneas, o fenômeno da desnitrificação assume conotação especial. Cabe lembrar, aqui, que o teor máximo de nitrato em águas de lixiviação de solo, recomendado pela agência americana de proteção ao meio ambiente (EPA), é de 10 mg de N-NO<sub>3</sub>/litro.

**Nitrato na coluna** - A Tabela 1 mostra a distribuição de nitrato nas colunas de solo, após a lixiviação com diferentes volumes de água. Notá-se, de início, que existiu certa correspondência entre os teores de nitrato retidos nos vários terços das colunas de solo e aqueles determinados nos respectivos efluentes, após a percolação com volumes crescentes de água (Fig. 1). Verifica-se, assim, que a percolação com apenas 1 volume-poro foi suficiente para excluir o íon nitrato dos terços superior e médio, praticamente em todos os tratamentos que receberam vinhaça com e sem NP. O terço inferior apresentou acúmulo de nitrato, que foi maior com a percolação de 1 volume-poro, e decresceu progressivamente com o aumento do volume de água percolada, até ficar praticamente sem nitrato, conforme se observa após a percolação com 3 volumes-poro (Tabela 1).

**Amônio no efluente** - A Fig. 3 mostra a variação do teor de amônio nos efluentes em função dos volumes de água percolados (equivalentes a 1, 2 e 3 volumes-poro) e das doses crescentes de vinhaça, com e sem NP, aplicadas ao solo. Verifica-se que os teores de amônio nos efluentes de ambos os tratamentos, com e sem NP, aumentaram à proporção que se incrementou o volume de água percolado e as doses de vinhaça. Este aumento do teor de amônio nos efluentes poderia ser explicado em consonância com aqueles verificados para os íons cálcio e magnésio. Ao se aplicarem doses crescentes de vinhaça acrescentam-se teores de potássio proporcionalmente mais elevados em relação aos de amônio. Uma vez em maior concentração, o potássio passaria a ser preferencialmente adsorvido, deslocando o amônio para a solução do solo. Em

TABELA 1. Teor de nitrato nos terços, superior, médio e inferior, de colunas de solo tratado com doses crescentes de vinhaça, na presença e ausência de NP, em função de volumes crescentes de água (equivalentes a 1, 2 e 3 volumes-poro) percolados.

| Trat.<br>m <sup>3</sup> /ha<br>vinhaça | Terço superior |     |    | Terço médio |    |     | Terço inferior |      |     |
|--|----------------|-----|----|-------------|----|-----|----------------|------|-----|
|  | 1#             | 2#  | 3# | 1#          | 2# | 3#  | 1#             | 2#   | 3#  |
|  | ppm            |     |    |             |    |     |                |      |     |
| 0                                      | 2,8            | -   | -  | 6,9         | -  | -   | 30,4           | 13,8 | 2,8 |
| 50                                     | 6,9            | 2,8 | -  | -           | -  | -   | 13,8           | 6,9  | -   |
| 100                                    | -              | -   | -  | -           | -  | -   | 20,7           | 9,7  | -   |
| 150                                    | -              | -   | -  | -           | -  | 6,9 | 20,7           | -    | -   |
| 200                                    | -              | -   | -  | -           | -  | -   | 20,7           | -    | -   |
| 400                                    | -              | -   | -  | -           | -  | 6,9 | 13,8           | 2,8  | -   |
| 0+ NP                                  | 2,8            | -   | -  | -           | -  | -   | 44,2           | 6,9  | 9,7 |
| 50+ NP                                 | -              | -   | -  | -           | -  | -   | 27,6           | -    | -   |
| 100+ NP                                | -              | -   | -  | 6,9         | -  | -   | 44,2           | -    | 2,8 |
| 150+ NP                                | -              | -   | -  | 6,9         | -  | -   | 44,2           | -    | -   |
| 200+ NP                                | -              | -   | -  | -           | -  | -   | 48,4           | 2,8  | -   |
| 400+ NP                                | -              | -   | -  | -           | -  | -   | 20,7           | -    | -   |

# Volumes-poro.

- Teores não detectáveis.

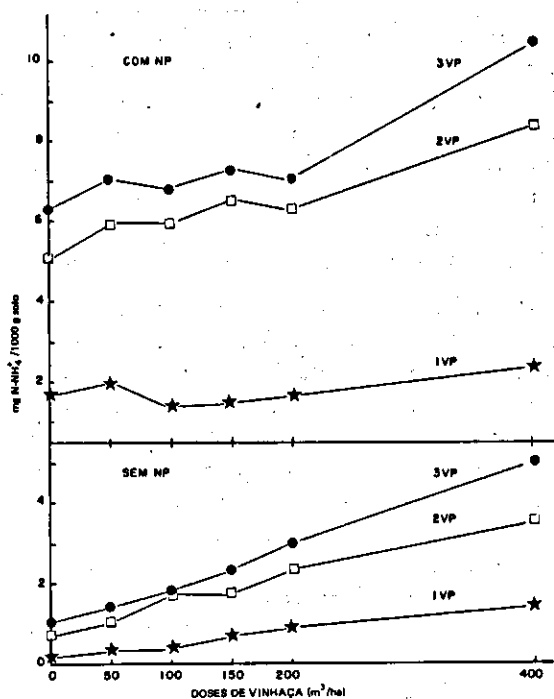


FIG. 3. Teores de amônio nos efluentes em função dos volumes de água percolados (equivalentes a 1, 2 e 3 volumes-poro) através de colunas de solo tratado com doses crescentes de vinhaça, na presença e ausência de NP.

conseqüência, este íon se tornaria mais suscetível de lixiviação.

Ao se comparar os efeitos da vinhaça na redução das perdas de nitrato e no aumento das de amônio, verifica-se que o primeiro é muito mais acentuado. Tomando-se como exemplo a dose de 400 m<sup>3</sup>/ha de vinhaça, complementada com NP na condição mais severa de lixiviação, verifica-se que ocorrem dois eventos simultâneos: reduz-se a lixiviação de nitrato de aproximadamente 30 ppm e aumenta-se a de amônio em torno de 4 ppm.

Amônio na coluna - A distribuição de amônio nas colunas de solo assumiu aspectos diferentes daquela de nitrato, conforme se observa na Tabela 2. Verifica-se de, início, que, contrariamente ao nitrato, o amônio tende a permanecer em maiores concentrações nos terços superior e médio, após a percolação com volumes crescentes de água. Isto, portanto, demonstra a menor suscetibilidade deste íon à lixiviação quando comparado com o nitrato (Tabela 1). De modo semelhante ao que ocorreu com os teores de nitrato, os de amônio nos vários terços das colunas de solo também mostram correspondência com aqueles dos respectivos efluentes (Fig. 3). Observa-se, ainda, na Tabela 2, que a percolação de apenas 1 volume-poro foi suficiente

TABELA 2. Teor de amônio nos terços superior, médio e inferior, de colunas de solo tratado com doses crescentes de vinhaça, na presença e ausência de NP, em função de volumes crescentes de água (equivalentes a 1, 2 e 3 volumes-poro) percolados.

| Trat.<br>m <sup>3</sup> /ha<br>vinhaça | Terço superior |      |      | Terço médio |      |      | Terço inferior |      |      |
|--|----------------|------|------|-------------|------|------|----------------|------|------|
|  | 1#             | 2#   | 3#   | 1#          | 2#   | 3#   | 1#             | 2#   | 3#   |
|  | ppm            |      |      |             |      |      |                |      |      |
| 0                                      | 6,9            | 6,9  | 6,9  | 6,9         | 6,9  | 6,9  | 34,6           | 20,7 | 6,9  |
| 50                                     | 9,7            | 9,7  | 6,9  | 13,8        | 6,9  | 16,6 | 27,6           | 13,8 | 9,7  |
| 100                                    | 2,8            | 6,9  | 6,9  | 6,9         | 6,9  | 6,9  | 20,7           | 20,7 | 2,8  |
| 150                                    | 6,9            | 6,9  | 6,9  | 6,9         | 6,9  | 6,9  | 23,5           | 13,8 | 6,9  |
| 200                                    | 6,9            | 6,9  | 6,9  | 13,8        | 6,9  | 9,7  | 23,5           | 23,5 | 9,7  |
| 400                                    | 6,9            | 6,9  | 6,9  | 9,7         | 6,9  | 6,9  | 27,6           | 13,8 | 6,9  |
| 0+ NP                                  | 13,8           | 16,6 | 20,7 | 20,7        | 16,6 | 20,7 | 34,6           | 27,3 | 16,6 |
| 50+ NP                                 | 13,8           | 13,8 | 13,8 | 20,7        | 13,8 | 16,6 | 30,4           | 23,5 | 16,6 |
| 100+ NP                                | 13,8           | 13,8 | 9,7  | 16,6        | 16,6 | 9,7  | 30,4           | 27,6 | 16,6 |
| 150+ NP                                | 16,6           | 6,9  | 9,7  | 16,6        | 13,8 | 16,9 | 27,6           | 20,7 | 13,8 |
| 200+ NP                                | 9,7            | 9,7  | 9,7  | 16,6        | 6,9  | 6,9  | 23,5           | 20,7 | 9,7  |
| 400+ NP                                | 13,8           | 16,6 | 13,8 | 20,7        | 13,8 | 20,7 | 30,4           | 20,7 | 9,7  |

# Volumes-poro.

para deslocar o amônio dos terços superior e médio, aumentando gradativamente a sua lixiviação das colunas de solo, à medida que maiores volumes de água foram percolados.

#### REFERÊNCIAS

- BAUDER, J.W. & SCHNEIDER, R.P. Nitrate-nitrogen leaching following urea fertilization and irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:348-53, 1979.
- BURNS, C.R. & DEAN, L.A. The movement of water on nitrate around bands of sodium nitrate in soil and glasses beads. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 28:470-4, 1964.
- HESSE, P.R. *A textbook of soil analysis*. New York, Chemical Publishing Co. Inc., 1971. 520p.
- KINJO, T. & PRATT, P.F. Nitrate adsorption: I. In some acid soils of Mexico and South America. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35:722-5, 1971.
- LEAL, J.R. & ALVAHYDO, R. Transformação e deslocamento do íon amônio em solo da série Itaguaí. *Pesq. agropec. bras.*, Sér. Agron., 6:129-35, 1971.
- NUNES, M.R.; VELLOSO, A.C.X. & LEAL, J.R. Efeito da vinhaça nos cátions trocáveis e outros elementos químicos do solo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 16 (2):171-6, 1981.
- RAIJ, B. van & CAMARGO, O.A. Nitrate elution from soil columns of three Oxisols and one Alfisol. In: *INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE*, 10, Moscow, 1974. *Transactions*. Moscow, International Society of Soil Science, 1974. v.2. p.384-91.
- SINGH, B.R. & KANEHIRO, Y. Adsorption of nitrate in amorphous and kaolinitic Hawaiian soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 33:681-3, 1969.
- THOMAS, G.W. Effects of electrolyte imbibition upon cation exchange behavior of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 24:329-32, 1960.
- VELLOSO, A.C.X. Adsorção de nitrato em Latossolos sob vegetação de cerrado. *Turrialba*, 25:404-9, 1975.