

ESTIMATIVA DE NITROGÊNIO POTENCIALMENTE MINERALIZÁVEL DE LODOS DE ESGOTO

R. C. Boeira, V. C. B. Maximiliano

Embrapa Meio Ambiente – Caixa Postal 69 – Jaguariúna, SP, Brasil – CEP: 13820-000

e-mail: rcboeira@cnpma.embrapa.br

RESUMO

Para a reciclagem agrícola de lodos de esgoto urbanos gerados em estações de tratamento, diversos órgãos ambientais determinam doses máximas anuais a serem aplicadas a solos, com o objetivo de evitar a formação de nitrato em quantidades superiores à capacidade de absorção das plantas. Para a recomendação de doses seguras de lodos de esgoto a utilizar na agricultura, tendo como critério o teor de N, deve-se previamente estimar a quantidade de nitrogênio potencialmente mineralizável (N_0) nos resíduos quando este for incorporado ao solo. A estimativa de N_0 é obtida medindo-se, ao longo de um certo período de tempo, as quantidades mineralizadas do nitrogênio orgânico presente nos resíduos. Para isso, são conduzidos experimentos laboratoriais com misturas [lodos de esgoto + solo]. Neste trabalho, teve-se como objetivo comparar as estimativas de N_0 obtidas em duas metodologias de incubação: anaeróbia durante 7 dias e aeróbia durante 105 dias. Na incubação anaeróbia, estimou-se N_0 em amostras de solo coletadas aos zero, 7, 14, 21, 28 e 42 dias após a incorporação dos lodos. Utilizaram-se cinco doses de dois lodos de esgoto, um de origem estritamente urbana e outro contendo também rejeitos industriais. Obteve-se forte associação entre os teores de N mineral recuperados e estimados pelos dois métodos ($P < 0,01$). Estabeleceu-se uma relação matemática entre os potenciais de mineralização determinados pelas duas metodologias de incubação. Os resultados indicaram a possibilidade de se estimar a fração de mineralização dos lodos de esgoto com dados obtidos na incubação anaeróbia de sete dias.

INTRODUÇÃO

Uma das características da maioria das sociedades modernas é a produção em grande escala de resíduos, das mais variadas naturezas. Alguns deles são recicláveis na agricultura, por possuírem elevada carga orgânica e teor de nutrientes adequados à melhoria da qualidade de solos. Por outro lado, a preocupação ambiental crescente originou nos países desenvolvidos a necessidade de estabelecimento de critérios de uso, como por exemplo aqueles explicitados na norma americana para uso de lodo de esgoto (USEPA, 1996), em função do potencial poluidor de certos resíduos.

A disponibilidade potencial de nitrogênio é um dos critérios adotados para aplicação de resíduos a solos, dada a grande diferença na liberação de nitrogênio mineral conforme o tipo de material, podendo ocorrer desde imobilização até excesso de nitrato na solução do solo (Rogers et al., 2001). Como a capacidade de retenção de nitrato em solos tropicais é, geralmente, baixa, este íon pode ser lixiviado além da zona radicular, se não for absorvido pelas plantas, contaminando águas subsuperficiais (Pawar & Shaiki, 1995). Valores superiores a 10 mg L^{-1} de N-NO_3^- na água podem causar metahemoglobinemia, doença que pode ser fatal nos primeiros anos de vida. Os

problemas de contaminação de corpos de água com nitrato são intensos em países desenvolvidos, onde são pesquisadas soluções alternativas para a descontaminação de aquíferos.

Assim, as doses de lodo de esgoto aplicadas ao solo devem ser estabelecidas levando-se em conta as necessidades de nitrogênio para as plantas, evitando-se a geração de nitrato em quantidade que exceda sua capacidade de absorção. Para isso, é necessário o conhecimento prévio da fração potencial de mineralização do N orgânico do material adicionado ao solo. Este parâmetro pode ser estimado por incubações aeróbias, em que se avalia a produção de N mineral *versus* tempo, obtendo-se um modelo matemático. No entanto, por ser um procedimento de alto custo e muito demorado, mais de três meses, é praticamente impossível ao agricultor aguardar os resultados laboratoriais, e laboratórios de análises básicas do solo não incluem em seus serviços as determinações necessárias para a estimativa do potencial de mineralização de N orgânico do solo ou de sistemas [lodo de esgoto-solo].

Neste trabalho, teve-se por objetivo avaliar as relações existentes entre o potencial de mineralização de N estimado por incubações anaeróbias durante sete dias e por incubações aeróbias de longa duração (105 dias).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados experimentos de incubação aeróbia e anaeróbia para avaliação da dinâmica de N de quatro doses de dois tipos de lodos de esgoto, aplicadas em amostras de Latossolo Vermelho distroférico com textura argilo-arenosa, pH 5,8 (0 a 20cm), com três repetições. Os lodos de esgoto foram coletados em 1999 nas estações de tratamento de esgoto de Franca/SP (esgotos domésticos) e de Barueri/SP (recebe esgotos domésticos e industriais) (Tabela 1); ambas as estações utilizam como processo de tratamento a digestão anaeróbia do lodo ativado.

Tabela 1. Composição química parcial de lodos de esgoto coletados em 1999 nas Estações de Tratamento de Esgoto de Franca/ SP e de Barueri/SP, Brasil.

Lodo	pH ⁽¹⁾	Umidade (base seca)	N-total	C-orgânico ⁽²⁾	Ca	Mg	K	Ni	Cu	Cd	Pb
			----- g kg ⁻¹ -----							----- mg kg ⁻¹ -----	
Franca	6,3	172	46,0	308	13,1	1,7	0,8	33,9	153	2,6	72,6
Barueri	6,5	96	26,8	206	21,5	2,3	1,4	289,3	738	8,8	160,5

⁽¹⁾ Relação lodo:água 1:2,5. ⁽²⁾ Walkley-Black.

As doses de N orgânico aplicadas via lodos de esgoto foram: 63, 122, 244 e 486 mg kg⁻¹ (Franca), e 106, 201, 400 e 796 mg kg⁻¹ (Barueri), além do tratamento sem aplicação de lodo (dose zero). Estas doses são equivalentes a 3, 6, 12 e 24 Mg ha⁻¹ de lodo de Franca, e 8, 16, 32 e 64 Mg ha⁻¹ de lodo de Barueri.

O experimento de incubação aeróbia foi conduzido sem lixiviação, obtendo-se a mineralização líquida acumulada aos 0 (zero), 7, 14, 21, 28, 42, 63, 84 e 105 dias após a incorporação do lodo (DAIL), e o parâmetro **N_o-aeróbia** (N potencialmente mineralizável obtido na incubação aeróbia 105 DAIL) (Boeira et al., 2002 a).

Para as incubações anaeróbias, tomaram-se amostras de solo dessas parcelas experimentais aos 0 (zero), 7, 14, 21, 28 e 42 DAIL, as quais foram secadas ao ar e alagadas durante sete dias a 40°C (Bundy & Meisinger, 1994). O parâmetro **N_o-anaeróbia** (N potencialmente mineralizável obtido na incubação anaeróbia) foi calculado pela diferença entre os teores de N-NH₄⁺ determinados no início e no final de cada incubação anaeróbia.

Utilizou-se análise de correlação para verificar o grau de associação entre os dados obtidos nas duas metodologias, e análise de regressão linear para verificar a relação funcional entre N_o (**N_o-aeróbia** ou **N_o-anaeróbia**) e doses aplicadas de N orgânico, ambas a 1% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores recuperados de N mineral pelos dois métodos tiveram forte associação entre si, nas épocas avaliadas após a incorporação dos lodos. Da mesma forma, as estimativas de potencial de mineralização de N orgânico das misturas lodo-solo, **N_o-anaeróbia** e **N_o-aeróbia**, também correlacionaram-se significativamente pelos dois métodos de incubação estudados. Obteve-se, assim, a seguinte relação entre os dois métodos:

$$\text{N}_{\text{o-aeróbia}} = 21,6 + 1,93 * \text{N}_{\text{o-anaeróbia}} \quad (R^2 = 0,84; P < 0,01) \quad (1)$$

Deste modo, a partir de dados obtidos em incubações anaeróbias de apenas sete dias, pode-se estimar o potencial de mineralização (**N_o-aeróbia**) obtido em incubações de 105 dias (equação 1).

Por outro lado, nas duas incubações, os teores recuperados de N mineral foram proporcionais às doses de N orgânico aplicadas ao solo. Com base nessa premissa, obteve-se o coeficiente de regressão dos parâmetros **N_o-aeróbia** estimados para cada dose de N orgânico aplicada. Este coeficiente representa a fração de mineralização de N orgânico estimada para estes lodos, neste método, que deve ser considerada nos cálculos de taxas agronômicas de aplicação de lodo de esgoto, já que nas incubações aeróbias são fornecidas condições ótimas à mineralização, mais próximas à realidade do campo. A fração de mineralização a ser considerada, será, então, de 29%, conforme observa-se na Figura 1, para os dois lodos de esgoto em estudo.

O valor obtido para a fração de mineralização significa que 29% das quantidades de N orgânico aplicadas ao solo via lodos de esgoto são potencialmente mineralizáveis em um cultivo anual. Este valor vem sendo utilizado como critério para cálculo da dose máxima de N orgânico a ser aplicada neste solo, em experimento de campo cultivado com milho, e tem-se mostrado adequado para prevenir excesso de formação de nitrato no solo. Após três aplicações sucessivas de lodo e três cultivos, não houve diferenças

entre três tratamentos (testemunha, lodo e adubação mineral completa) quanto aos teores de nitrato no perfil do solo (Boeira et al., 2002 b).

A incubação anaeróbia é uma metodologia com as vantagens de maior simplicidade operacional, custo muito menor e bem mais rápida em relação às metodologias usuais de longas e caras incubações aeróbias. Diminuições dos teores recuperados podem ser esperadas pela ocorrência de reações de nitrificação-desnitrificação na interface solo-água, sendo necessário maior número de repetições, para diminuir a variabilidade experimental. Diferentes tipos de solo e de lodos incubados podem também levar à maior precisão no ajuste da relação existente entre os dois métodos.

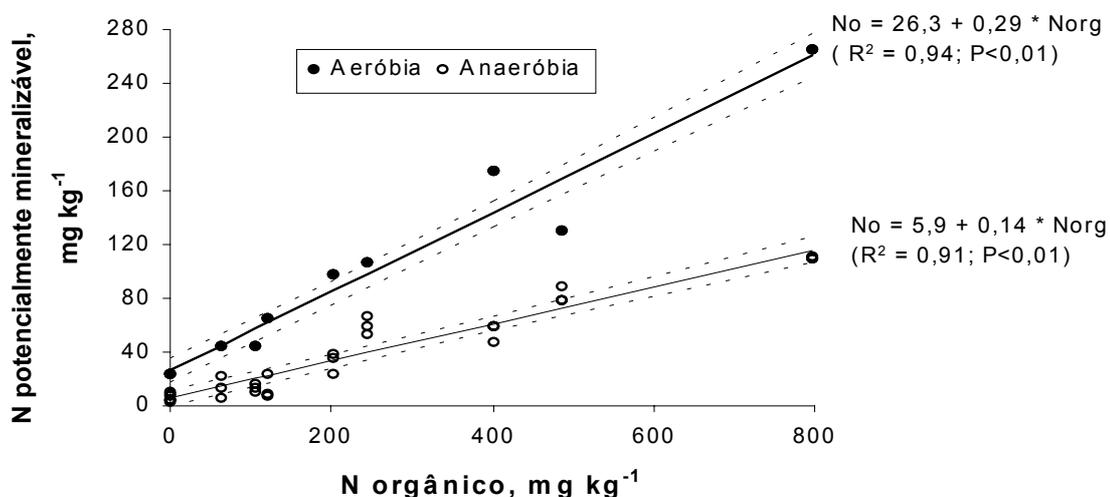


Figura 1. Doses de N orgânico aplicadas e N potencialmente mineralizável (N_o), em 105 dias de incubação aeróbia e em sete dias de incubação anaeróbia, com ajuste dos dados ao modelo linear e respectivos intervalos de confiança (95%), em Latossolo Vermelho distroférico tratado com lodos de esgoto das Estações de Tratamento de Esgotos de Franca, SP e de Barueri, SP, Brasil, coletados em 1999.

CONCLUSÃO

O potencial de mineralização de N estimado por incubações anaeróbias de sete dias de lodos de esgoto provenientes de Franca/SP e de Barueri/SP em solo argilo-arenoso possui associação significativa com aquele estimado por incubações aeróbias de 105 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOEIRA, R.C.; LIGO, M.A.V.; DYNIA, J.F. (a) Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. Pesquisa agropecuária brasileira, 37(11): 1639-1647. 2002.
2. BOEIRA, R.C.; VIEIRA, R.F.; DYNIA, J.F. (b) Mineralização de lodo de esgoto e perdas de nitrogênio: relatório final de atividades. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 47 p. Subprojeto 11.1999.237-02. Subprojeto concluído.

3. BUNDY, L.G.; MEISINGER, J.J. Nitrogen availability indices. In: Weaver, R.W.; Angle, S.; Bottomley, P.; Bezdicek, D.; Smith, S.; Tabatabai, A.; Wollum, A., Eds. Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties. Soil Science Society of America, p. 951-984. 1994.
4. USEPA. Standards for the use and disposal of sewage sludge. Washington, EPA, 1996. (Code of Federal Regulations 40 CFR Part 503).
5. PAWAR, N.J.; SHAIKI, I. J. Nitrate pollution of groundwaters from shallow basaltic aquifers of Deccan Trap Hydrologic Province, India. Environmental Geology: 25(3):197-204, 1995.
6. ROGERS, B. F.; KROGMANN, U.; BOYLES, L. S. Nitrogen mineralization rates of soils amended with nontraditional organic wastes. Soil Science, 166(5): 353-363, 2001.