

Recomendação de dose de lodo de esgoto: a questão do nitrogênio

Adriana Marlene Moreno Pires¹
Cristiano Alberto de Andrade²

Uso agrícola de lodo de esgoto

O aproveitamento de resíduos no meio rural tem sido preconizado há anos por meio de práticas agrícolas como, por exemplo, a manutenção de restos vegetais no solo e o uso de dejetos e de tortas como fonte de nutrientes. Os fertilizantes orgânicos mais conhecidos são os esterco de origem animal, adubos verdes, alguns resíduos agroindustriais (vinhaça, torta de filtro, tortas vegetais, borras, etc.) e urbanos (fração orgânica do lixo doméstico), além dos compostos comerciais. Os benefícios do uso de resíduos orgânicos como fertilizantes estão diretamente relacionados com a matéria orgânica do solo (MOS), componente fundamental para a capacidade produtiva do solo. A MOS tem grande importância para o fornecimento de nutrientes para as culturas, retenção de cátions, complexação de micronutrientes, a estabilidade da estrutura, a infiltração e retenção de água, a aeração e a atividade e biomassa microbiana (BAYER;

MIELNICZUK, 1999). Portanto, o reaproveitamento de resíduos como fertilizante é interessante tanto sob o ponto de vista agrônômico, como ambiental (promoção da reciclagem e destinação adequada).

Um resíduo sólido urbano gerado durante o tratamento de esgotos e bastante utilizado como fertilizante orgânico em outros países é o lodo de esgoto. Embora sua produção ainda não seja significativa no país (apenas 55% do nosso esgoto é coletado e destes, apenas 28% são tratados – IBGE, 2010), já existe preocupação com sua disposição, principalmente nas regiões com melhores condições de saneamento, como a Sudeste. A aplicação deste resíduo em solo agrícola é regulamentada no Brasil pela Resolução nº 375 do Conama, que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2006). Esta resolução,

¹ Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. E-mail: adriana.pires@embrapa.br

² Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. E-mail: cristiano.andrade@embrapa.br

bem como outros instrumentos regulatórios em âmbito estadual, regulamenta como deve ser utilizado o resíduo, assim como estabelece níveis seguros quanto aos limites de contaminantes no lodo, destacando-se o teor de metais pesados e quantidades máximas destes para reaplicação na mesma área, de modo a prevenir contra riscos de contaminação.

Processo de mineralização e disponibilidade de nitrogênio para as plantas

O nitrogênio do solo encontra-se predominantemente na forma orgânica (98%). Sua mineralização resulta na formação de amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), que são formas iônicas de nitrogênio no solo passíveis de serem absorvidas pelas plantas (MALAVOLTA, 2006). No caso de fertilizantes conhecidos como minerais, por exemplo, ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e formulações NPK, o nitrogênio se encontra na(s) forma(s) prontamente(s) disponível(eis) para as plantas ou ocorre rápida transformação a NH_4^+ , como no caso da ureia. No caso de fertilizantes orgânicos, o processo de disponibilização do nitrogênio depende da mineralização do N orgânico, realizada gradativamente por microrganismos. Dessa forma, existe uma diferença fundamental quanto à velocidade de disponibilização do N no solo quando se considera o uso de fontes minerais em comparação com fontes orgânicas na adubação. Embora a disponibilização lenta do nitrogênio na forma orgânica seja benéfica para o meio ambiente, perdas podem ocorrer em consequência da falta de sincronismo entre a liberação do N inorgânico e a absorção pelas plantas. Por outro lado, tal fato também pode resultar em quantidades insuficientes de N no solo para subsidiar o desenvolvimento das plantas, principalmente nos estádios iniciais.

A mineralização do N orgânico é um processo biológico realizado por microrganismos e influenciado por diversos fatores, como clima, sistema de manejo, tipo de material orgânico adicionado ou remanescente e atributos do solo. Portanto, o processo de mineralização é muito dinâmico, o que dificulta a previsão da quantidade de N que estará disponível durante o ciclo da cultura.

De modo geral, a dose de nitrogênio para aplicação na adubação deve ser calculada considerando-se a demanda da cultura e a capacidade do solo em fornecer este nutriente. Esta capacidade pode ser entendida como o somatório do N que está disponível, na forma de nitrato e/ou amônio, e o N orgânico que será mineralizado em determinado período de tempo, por exemplo, que ficará disponível durante o ciclo da cultura.

Experimentos em laboratório são os mais utilizados para estimar a mineralização do N orgânico do solo e do solo+fertilizante orgânico. Tais experimentos fundamentam-se na atividade de microrganismos em condições ideais de umidade e temperatura, medindo-se as concentrações de N-inorgânico no solo em diversos tempos (ANDRADE et al., 2010). Entretanto, estes métodos apresentam uma série de limitações como a falta de operacionalidade, alto custo e o fato dos resultados nem sempre representarem o que ocorre no campo.

Assim, a dificuldade de previsão da mineralização do nitrogênio orgânico no solo é um limitante para a recomendação de dose, principalmente para fertilizantes orgânicos.

Recomendação da dose de lodo em função do teor e da disponibilidade de nitrogênio - Resolução nº 375 do Conama

Conforme a Resolução nº 375 do Conama (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2006) calcula-se a dose a ser aplicada no campo de três maneiras diferentes, em função dos seguintes parâmetros: (i) poder de neutralização/acidificação; (ii) teor de metais pesados e (iii) teor e disponibilidade do nitrogênio. Das três doses obtidas, aquela que apresentar a menor quantidade de resíduo a ser aplicada ao solo deve ser adotada. Com exceção de lodos calados, a dose limitante geralmente é dada pelo cálculo baseado no teor e na disponibilidade de nitrogênio.

A dose ou taxa de aplicação, em t ha^{-1} , determinada em função do N, é dada pelo quociente entre a quantidade de nitrogênio recomendada para a

cultura a ser implantada, em kg ha^{-1} (RAIJ et al., 1997) e o teor de nitrogênio disponível no lodo, em kg t^{-1} .

O N disponível para as plantas será o resultado do N que está na forma inorgânica e aquele que será mineralizado a partir da própria matéria orgânica do solo e/ou do resíduo orgânico adicionado. Entretanto, a magnitude da quantidade de N que será mineralizada no tempo em relação àquela quantidade de N que já está na forma inorgânica no solo ou no resíduo, torna estes últimos pouco influentes no cálculo da dose de fertilizante orgânico.

Dessa forma, a fração de mineralização do nitrogênio (FMN), ou seja, a quantidade de N mineralizada durante o ciclo da cultura e expressa em relação ao N presente no lodo, é variável chave na definição da dose de lodo para aplicação.

Os valores de FMN na Resolução nº 375 do Conama dependem do tipo de lodo de esgoto e são iguais ao determinado na norma dos EUA (ESTADOS UNIDOS, 1993). Para lodo não digerido, digerido aerobiamente, digerido anaerobiamente e compostado os valores de FMN apresentados são de 40%, 30%, 20% e 10%, respectivamente. A decisão de adotar a porcentagem fixa se deve à falta de operacionalidade na realização de experimentos para a determinação da FMN, pois os testes biológicos de mineralização do N em laboratório são de elevado custo, consomem muito tempo e seus resultados, sozinhos, podem não refletir a disponibilidade do N no campo (CANTARELLA et al., 2008)

Conforme a Resolução nº 375 do Conama (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2006), a dose de lodo a ser aplicada deve ser calculada da seguinte maneira:

$$\text{Dose de lodo para aplicação (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{N recomendado (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{N disponível (kg t}^{-1}\text{)}}$$

Em que: o N recomendado é a quantidade de N que a cultura necessita, indicada em publicações especializadas, como, por exemplo, o Boletim Técnico 100 (RAIJ et al., 1997). O N disponível, de maneira simplificada, é dado por:

$$\text{N disponível (kg t}^{-1}\text{)} = \text{N-inorgânico} + (\text{N-orgânico} \times \text{FMN}/100)$$

Em que: o N-inorgânico (kg t^{-1}) é a soma das formas inorgânicas de N e a FMN corresponde à porcentagem do N-orgânico que será mineralizada durante o ciclo da cultura. Como já discutido, a Resolução nº 375 do Conama indica alguns valores para a FMN, conforme o tipo de lodo de esgoto (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2006).

Como exemplo, segue o cálculo da dose de lodo para a cultura de milho visando à produção de grãos e silagem. O N recomendado corresponde à necessidade da cultura, neste caso, 120 kg ha^{-1} para produtividades entre 8 a 10 t ha^{-1} (RAIJ et al., 1997). O lodo que será aplicado ao solo apresenta umidade igual a 70% e possui 3% de nitrogênio total. Como o lodo é proveniente de sistema de tratamento de digestão aeróbia, a FMN recomendada na norma é de 30%. Se o lodo possui 3% de nitrogênio, tem-se que 100 kg de lodo possuem 3 kg de nitrogênio. Portanto:

$$\text{N disponível} = \text{N orgânico} \times \text{FMN}/100$$

$$\text{N disponível em 100 kg de lodo de esgoto seco} = 3 \text{ kg} \times 30/100$$

$$\text{N disponível em 100 kg de lodo de esgoto seco} = 0,9 \text{ kg}$$

$$\text{N disponível em 1 t de lodo de esgoto seco} = 9 \text{ kg}$$

Se a recomendação é aplicar 120 kg ha^{-1} de N e sabe-se que cada tonelada de lodo seco disponibilizará 9 kg de N, tem-se:

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ t de lodo seco} & & 9 \text{ kg de N disponível} \\ & \times & \\ X \text{ t de lodo seco} & & 120 \text{ kg de N disponível} \end{array}$$

$$X = (1 \text{ t} \cdot 120 \text{ kg}) / 9 \text{ kg} = 13,33 \text{ t ha}^{-1} \text{ de lodo seco}$$

Considerando que o lodo é aplicado com umidade natural no campo, faz-se necessário corrigir a dose em função da umidade do resíduo. Se a umidade do lodo é de 70%, isso significa que apenas 30% da massa de lodo *in natura* são realmente lodo de esgoto, sendo o restante água. Portanto:

$$1 \text{ t de lodo de esgoto} \rightarrow 0,7 \text{ t de água e } 0,3 \text{ t de lodo seco}$$

$$\begin{array}{r} 1 \text{ t de lodo de esgoto úmido} \\ X \text{ t de lodo de esgoto úmido} \end{array} \quad \begin{array}{r} 0,3 \text{ t de lodo seco} \\ 13,33 \text{ t de lodo seco} \end{array}$$

$$X = (13,33 \text{ t} \cdot 1 \text{ t}) / 0,3 \text{ t} = 44,43 \text{ t ha}^{-1} \text{ de lodo de esgoto úmido}$$

Assim, neste exemplo, a dose de lodo de esgoto úmido a ser aplicada é de 44,43 t ha⁻¹ para suprir os 120 kg ha⁻¹ de N demandados pela cultura do milho.

FMN E RECOMENDAÇÃO DA DOSE DE LODO DE ESGOTO

O cálculo da dose de lodo de esgoto em função do teor e da disponibilidade de Nitrogênio apresenta alguns problemas, o que pode resultar na aplicação de doses inadequadas no campo, geralmente excessivas. Podem-se destacar três causas principais para o cálculo inadequado: (i) os valores de FMN indicados na Resolução foram obtidos em condições de clima temperado; (ii) os resultados de laboratório são variáveis e não foram validados por dados de campo; e (iii) não é considerada a disponibilização de nitrogênio proveniente de aplicações anteriores de lodo de esgoto quando se calcula a dose a ser aplicada.

O primeiro problema refere-se ao fato de que os valores de FMN indicados foram copiados da norma americana (ESTADOS UNIDOS, 1993), sendo, assim, específicos para a agricultura em clima temperado. Esta opção foi adotada porque pesquisas sobre os efeitos ambientais de lodos oriundos de tratamentos anaeróbios e aeróbios em condições tropicais eram escassos. Como o processo de mineralização é influenciado por uma série de fatores que incluem o clima, a umidade e a temperatura, espera-se que esta taxa seja diferente para as condições tropicais.

Outra limitação é a variabilidade dos resultados obtidos para FMN, o que gera dúvidas em relação às porcentagens fixas de FMN adotadas. O ensaio de mineralização para estimar a FMN é influenciado por diversos fatores como condições do processo de incubação (umidade, temperatura e tempo de avaliação), características do solo (acidez, fertilidade, relação C/N da matéria orgânica, etc.) e do lodo de esgoto (relação C/N, teor total de N,

umidade, comunidade microbiana existente, etc.) (ANDRADE et al., 2010). Com isso, existe grande variabilidade nos valores obtidos em diferentes estudos, sejam nacionais ou internacionais: FMN entre 4 e 48% (RYAN et al., 1973); FMN entre 2 e 27% (PARKER; SOMMERS, 1983); FMN de 34 e 37% (BOEIRA et al., 2002); FMN de 31% (BOEIRA; MAXIMILIANO, 2004); FMN entre 18 e 27% (PIRES et al., 2008).

A adoção da FMN fixa conforme o tipo de lodo, sem considerar se o solo recebeu ou não aplicações anteriores do resíduo é outra questão importante. Áreas com uso continuado de lodo de esgoto como fonte de N devem apresentar frações residuais, nas quais ocorre a mineralização do nitrogênio em diferentes taxas anuais, conforme o tempo decorrido de sua adição, dentre outros fatores que podem estar envolvidos. Por exemplo, se a dose foi calculada com base em valor de FMN igual a 30%, admite-se que, em teoria, 30% do total de N aplicado como lodo será mineralizado e suprirá a demanda por N da planta. Os 70% restantes do total de N adicionado permanecerão no solo e, provavelmente, serão lentamente mineralizados com o passar do tempo. No caso de nova aplicação de lodo, os mesmos 30% de FMN serão considerados para suprir a demanda de N da cultura, não considerando a fração residual.

Portanto, o uso de valor fixo de FMN para a definição da dose de lodo para aplicação no segundo ano e nos anos posteriores pode conduzir a excesso de N no sistema, uma vez que frações remanescentes de N do lodo continuam mineralizando a diferentes taxas que se remontam no tempo (Figura 1).

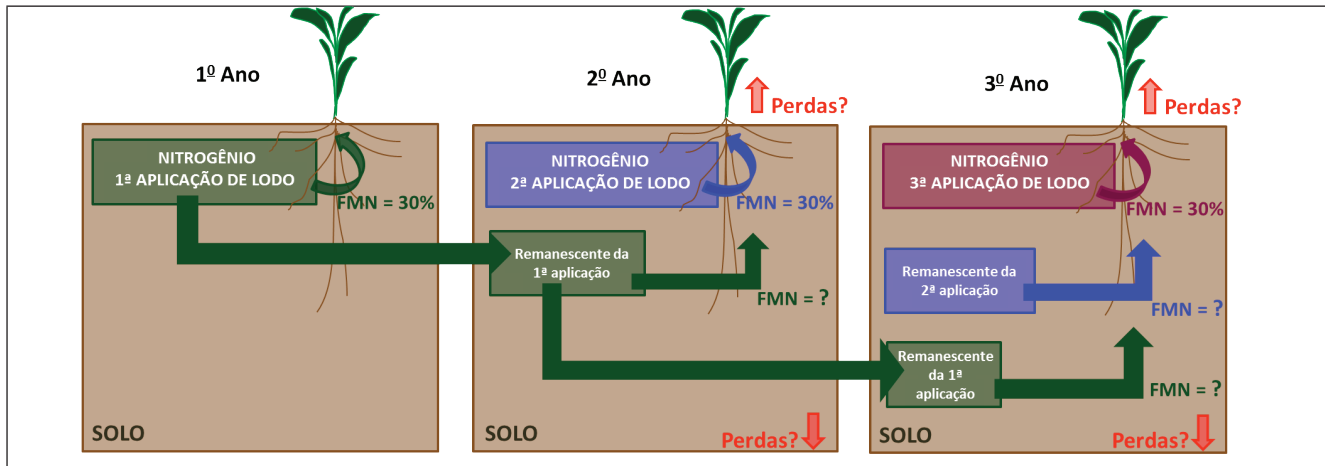


Figura 1. Representação do possível excesso de nitrogênio inorgânico em função da mineralização de N proveniente de 3 aplicações consecutivas de lodo de esgoto. O valor de FMN adotado para cada nova adição do resíduo foi de 30%, assumindo-se que esta porcentagem atende a demanda da cultura. Não foram estabelecidos valores de FMN para o lodo remanescente de aplicações anteriores, bem como estimativas de perdas via emissão atmosférica ou lixiviação.

Alguns estudos relatam problemas de uso da taxa fixa da FMN, conforme o tipo de tratamento do esgoto, para o cálculo da dose de lodo de esgoto a ser reaplicada em solos.

As FMNs referentes a novas aplicações de lodo obtidas em ensaios utilizando solos com diferentes históricos de uso desse resíduo variaram de 2 a 21% (SILVA et al., 2009). Os autores concluem que a taxa fixa de FMN ou definida a partir de solo que nunca recebeu lodo de esgoto não é adequada para áreas onde já foi aplicado o resíduo, uma vez que a dose calculada pode ser maior do que a necessária resultando em excesso de N e, conseqüentemente, maior risco de contaminação das coleções hídricas.

Em outra avaliação da mineralização de nitrogênio em solos com histórico de aplicação do lodo, Andrade et al. (2013) observaram que a mineralização foi mais influenciada pelo uso prévio do lodo do que pelas novas aplicações. Os valores obtidos para a FMN variaram entre 8 e 16% conforme o histórico. A conclusão foi de que também para este caso a FMN não foi um parâmetro adequado para cálculo da dose de lodo a ser aplicada em áreas previamente tratadas com o resíduo.

Dynia et al. (2006) avaliaram a lixiviação de nitrato em solos com histórico de adição de lodo de esgoto e concluíram que a intensidade da lixiviação aumentou com o incremento da dose e com as aplicações sucessivas. Tais resultados indicam que

aplicações sucessivas do lodo podem aumentar o acúmulo de nitrogênio orgânico no solo que poderá ser mineralizado. Nestes casos o solo apresentará maiores teores de N, superando as necessidades da planta e, em consequência, ocasionando perdas deste elemento para o ambiente.

Cogger e Sullivan (2007) apresentam uma planilha de cálculo demonstrando o passo-a-passo para obtenção da dose de lodo de esgoto a ser aplicada em solo agrícola com base no teor de nitrogênio no resíduo, na necessidade do nutriente pela planta e na disponibilidade do nitrogênio presente no solo. Neste documento, destinado aos produtores dos EUA, para o cálculo da nova dose de lodo de esgoto é considerada a contribuição das aplicações anteriores. Os autores estimaram que 8% do N orgânico aplicado via lodo de esgoto mineralizam no segundo ano após a aplicação, 3% no terceiro ano e 1% no quarto e quinto anos. Depois de 5 anos a contribuição do lodo é desconsiderada. Portanto, no cálculo da nova dose deve-se descontar o nitrogênio mineralizado das aplicações anteriores. Por exemplo, no terceiro ano de aplicação, a dose a ser aplicada deve considerar a contribuição de 8% do nitrogênio total aplicado no primeiro ano e de 3% do total aplicado no segundo ano.

Em função destas inadequações da FMN como base para cálculo da dose de lodo a ser aplicada, a pesquisa tem se dedicado a estudos que visam: (i) geração de valores de FMN obtidos em ensaio

em condições tropicais, (ii) extrapolação de valores de FMN estimados em laboratório para o campo com variáveis ambientais incorporadas (temperatura, precipitação, umidade do solo, etc.); (iii) desenvolvimento ou adaptação de métodos mais operacionais e eficientes para estimar a FMN e (iv) estimativa da FMN oriundo do lodo de esgoto nos anos subsequentes à aplicação para considerá-lo no cálculo das próximas doses.

Mesmo com estas lacunas no conhecimento, o cálculo de dose indicado na Resolução nº 375 do Conama tem sido utilizado com sucesso e, até que novos resultados sejam gerados, recomenda-se que o mesmo continue sendo adotado (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2006). Por outro lado, cuidados adicionais podem ser adotados quando forem realizadas aplicações sucessivas de lodo de esgoto na mesma área. Em termos práticos, como ainda há carência de dados, recomenda-se subtrair da dose calculada de acordo com a Resolução nº 375 do Conama a quantidade mineralizável proveniente de aplicações anteriores, de acordo com o descrito por Cogger e Sullivan (2007).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. A.; BOEIRA, R. C.; PIRES, A. M. M. Nitrogênio presente em lodo de esgoto e a resolução nº 375 do CONAMA. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola do lodo de esgoto: avaliação após resolução nº 375 do CONAMA**. Botucatu: FEPAF, 2010. Cap. 8, p. 157-170.
- ANDRADE, C. A.; SILVA, L. F. M.; PIRES, A. M. M.; COSCIONE, A. R. Mineralização do carbono e do nitrogênio no solo após sucessivas aplicações de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 5, p. 536-544, 2013.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.
- BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; DYNIA, J. F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 11, p. 1639-1647, 2002.
- BOEIRA, R. C.; MAXIMILIANO, V. C. B. **Determinação da fração de mineralização de nitrogênio de lodos de esgoto: um método alternativo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 3 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 13).
- CANTARELLA, H.; ANDRADE, C. A.; MATTOS JUNIOR, D de. Matéria orgânica do solo e disponibilidade de N para as plantas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L, S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.). **Fundamentos de matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. Cap. 31, p. 581-596.
- COGGER, C. G.; SULLIVAN, D. M. **Worksheet for calculating biosolids application rates in agriculture**. (Pacific Northwest Extension Publ. 511-E). Twin Falls: University of Idaho Extension, 2007. Disponível em: <<http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/pnw0511e/pnw0511e.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2013.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 ago. 2006. Seção I, p. 141-146. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>>. Acesso em: 25 maio 2010.
- DYNIA, J. F.; SOUZA, M. D. de; BOEIRA, R. C. Lixiviação de nitrato em latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 5, p. 855-862, 2006.
- ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. **Title 40: protection of environment part 503: standards for the use or disposal of sewage sludge: final rules: federal register**. Washington, DC, 1993.
- IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

PARKER, C. F.; SOMMERS, L. E. Mineralization of nitrogen in sewage sludges. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 12, n. 1, p. 150-156, 1983.

PIRES, A. M. M.; LIGO, M. A. V.; SILVA, V. A. da ; VASCONCELLOS, E. B. C.; PASTRELLO, B. M. C. Fração mineralizável de nitrogênio em solo tratado sucessivamente com lodo de esgoto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; 2008, Londrina. **FertBio 2008**: desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: resumos. Londrina: Embrapa Soja: SBCS: IAPAR: UEL, 2008. 1 CD-ROM.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RYAN, J. A.; KEENEY, D. R.; WALSH, L. M. Nitrogen transformations and availability of anaerobically digested sewage sludge in soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 2, n. 2, p. 240-243, 1973.

SILVA, L. F. M.; COSCIONE, A. R.; ANDRADE, C. A. Degradação do carbono e mineralização do nitrogênio em solo com diferentes históricos de uso agrícola de lodo de esgoto. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 3., 2009, Campinas. **Anais...** Campinas: ITAL: IAC; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 1 CD-ROM

**Comunicado
Técnico, 104**



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Endereço: Rodovia SP 340 km 127,5

Caixa Postal 69, Tanquinho Velho

13.820-000 Jaguariúna/SP

Fone: (19) 3311-2700

Fax: (19) 3311-2640

E-mail: sac@cnpma.embrapa.br

www.embrapa.br/meio-ambiente

1ª edição eletrônica

2014

**Comitê de
publicações**

Presidente: Ladislau Araújo Skorupa.

Secretária-Executiva: Vera Lúcia S. S. de Castro.

Secretário: José de Arimatéia Araújo Sousa.

Bibliotecário: Victor Paulo Marques Simão.

Membros: Marcelo Augusto Boechat Morandi,
Elisabeth Francisconi Fay, Nilce Chaves Gattaz, Joel
Leandro de Queiroga, Magda Aparecida de Lima,
Maria Lúcia Zuccari e Rita Carla Boeira.

Expediente

Editoração eletrônica: Gabriel Pupo Nogueira.