



**FITODISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO EM SOLO ADUBADO COM FERTILIZANTE
MINERAL OU LODO DE ESGOTO**

Valéria Pimentel **Barbosa**¹; Adriana Marlene Moreno **Pires**²; Aline Renee **Coscione**³; Nadiane Aparecida Pereira de **Souza**⁴; Beatriz de Souza **Domingues**⁵

Nº 14409

RESUMO – *Com a publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o lodo de esgoto não poderá ser mais disposto em aterros sanitários. Assim, o uso agrícola se torna ainda mais atrativo. Embora a aplicação deste resíduo ao solo seja normatizada, alguns pontos ainda são questionados, destacando-se a dose calculada a partir da mineralização de nitrogênio quando é realizada mais de uma aplicação ao solo. Portanto, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a disponibilidade de nitrogênio para plantas de milho em solos previamente tratados com lodo de esgoto. As avaliações foram realizadas em experimento de longo prazo, iniciado em 2001, no qual vem sendo realizada adubação com NPK, dose recomendada de lodo de esgoto ou o dobro desta dose. Concluiu-se que: (i) o teor e a quantidade absorvida de nitrogênio por plantas de milho em solo tratado sucessivamente com a dose recomendada de lodo de esgoto são maiores do que quando é realizada a adubação com NPK; (ii) a quantidade de N absorvida por plantas de milho cultivadas em solo com o dobro da dose recomendada não difere da quantidade absorvida com a adição da dose recomendada, indicando excesso de nitrogênio no solo e maior potencial de contaminação e (iii) a adição do dobro da dose recomendada de lodo de esgoto não resulta em maior produção de massa seca e produtividade quando comparada com a dose recomendada.*

Palavras-chaves: fitodisponibilidade, bio sólido, milho.

1 Autor: Bolsista CNPq (PIBIC): Tecnologia em Gestão Ambiental, IFSULDEMINAS-Inconfidentes-MG; vall_pimentel@hotmail.com

2 Orientadora: Pesquisadora Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; adriana.pires@embrapa.br

3 Colaborador: Pesquisadora Instituto Agronômico de Campinas, Campinas-SP,

4 Colaborador: Mestranda, Instituto Agronômico de Campinas, Campinas-SP

5 Colaborador: Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Ciências Biológicas, IB/UNICAMP, Campinas-SP



ABSTRACT- *Due to Brazilian National Solid Waste Politic publication sewage sludge it is forbidden to dispose sewage sludge landfill disposal. So, its agricultural use is even more attractive. Although this waste application is regulated, some points are questioned; pointing out dose calculated using nitrogen mineralization for application on soils previously treated with this residue. Therefore, this study was developed with the objective of evaluate nitrogen availability for maize plants cultivated on soils previously treated with sewage sludge. Evaluations were done on a long term experiment, where mineral fertilizer, and sewage sludge doses (recommended dose and 2 times it) have been applied since 2001. It was concluded that: (i) nitrogen concentration and absorbed quantity by plants cultivated on soils treated with consecutively recommended doses of sewage sludge were larger than plants cultivated on mineral fertilized soils; (ii) nitrogen absorbed by maize plants cultivated on soil treated with two times sewage sludge recommended dose did not differ from the recommended dose, indicating excess of this nutrient on soil and increase on contamination potential and (iii) the application of 2 times recommended doses did not result in increasing of dry mass or grain production.*

Key-words: phytoavailability, biosolid, maize.

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de esgoto sanitário resulta na geração de lodo de esgoto, cuja disposição é uma etapa problemática sob o ponto de vista econômico e ambiental (BETTIOL & CAMARGO, 2000). Geralmente este resíduo é destinado a aterros sanitários, incineração ou aproveitamento na agricultura. Contudo, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) estabelece que até agosto de 2014, a utilização de aterros sanitários estará restrita somente para resíduos não passíveis de nenhuma forma de reuso ou reciclagem, de maneira que a reciclagem agrícola passa a ser uma opção ainda mais interessante de destinação adequada deste resíduo.

No Brasil, o uso agrícola de lodo de esgoto é regulamentado pela Resolução Conama nº 375 (CONAMA, 2006). Como ainda são poucos os estudos a respeito dos efeitos em longo prazo dessa prática, alguns pontos da resolução ainda são passíveis de novas discussões e melhorias (COSCIONE et al., 2010).



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

O nitrogênio presente no lodo de esgoto está predominantemente na forma orgânica. As plantas só absorvem as formas inorgânicas, portanto, é necessário que ocorra a mineralização do N para que este nutriente fique fitodisponível (ANDRADE et al., 2010). O cálculo da dose com base no nitrogênio baseia-se na taxa de mineralização deste nutriente, cujos valores são indicados na norma (específicos para cada tipo de lodo de esgoto). A taxa representa a porcentagem de nitrogênio total presente no lodo que vai ser mineralizada e disponibilizada. Sabendo-se a necessidade da cultura a ser implantada, faz-se o cálculo da dose a ser aplicada (CONAMA, 2006).

Um dos questionamentos refere-se a este cálculo para áreas com aplicações sucessivas do lodo de esgoto. Por exemplo, se anualmente é aplicado o resíduo em determinada área agrícola e utiliza-se para cálculo de dose uma taxa de mineralização de 30%, tem-se que 70% do N total adicionado continua no campo. Se este nitrogênio remanescente continuar mineralizando no segundo ano, a quantidade disponibilizada será excessiva em relação à necessidade da planta, uma vez que ao calcular a dose no segundo ano não se considerou o que permanece no campo.

Com o objetivo de avaliar a fitodisponibilidade de nitrogênio após sucessivas aplicações de lodo de esgoto foi realizado este estudo. As hipóteses são: (i) devido às aplicações sucessivas de lodo de esgoto, o teor e quantidade absorvida de nitrogênio são maiores na dose recomendada do que quando a adubação é realizada via adição de NPK e (ii) a adição de duas vezes a dose recomendada apresenta maior potencial de contaminação e não resulta em maior produtividade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Centro Experimental do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) na fazenda Santa Elisa, localizada no município de Campinas - SP. O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2006). O experimento foi instalado seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 repetições, em parcelas de 100 m² (Figura 1). Os tratamentos foram adubação mineral (NPK), dose recomendada de lodo de esgoto (1N) e duas vezes a dose recomendada (2N). O lodo aplicado foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí, SP, e foi aplicado anualmente entre os anos de 2001 e 2007.



Figura 1. Área Experimental do IAC de estudo de uso agrícola de lodo de esgoto em longo prazo.

Após 4 anos sem receber nenhum tipo de aplicação, em dezembro de 2012 foi aplicado novamente lodo de esgoto, em dose recomendada (1N) calculada para fornecer $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, considerando-se a taxa de mineralização do nitrogênio presente no lodo de esgoto igual a 30% conforme indicado na resolução 375 do Conama (CONAMA, 2006). O lodo foi aplicado manualmente e incorporado na camada 0-20 com o uso de enxada rotativa. A planta teste cultivada foi milho, semeada manualmente após a incorporação do resíduo.

Foram amostradas seis plantas por parcela, separando-se os grãos, próximo à época de colheita. As amostras passaram por um processo de secagem a 65°C , para quantificação da massa seca. Depois foram moídas em moinho de faca, de modo a garantir a homogeneidade e granulometria das amostras, para determinação do teor de nitrogênio nos tecidos vegetais por meio de combustão seca, em analisador elementar CN (Analisador Elementar Truspec CN - LECO, Método de Dumas).

As análises estatísticas foram realizadas com o programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2008). Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e ao teste Tukey de comparação de médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos influenciaram significativamente o teor de nitrogênio nas folhas de milho (Figura 2). O teor nas plantas cultivadas em solo que recebeu duas vezes a dose de lodo recomendada (2N) foi maior que os demais. A dose 1N foi calculada para adicionar 120 kg ha^{-1} de nitrogênio disponível para as plantas, dose também adicionada via adubação mineral no tratamento



NPK. Embora as quantidades adicionadas sejam iguais, observa-se que o teor médio de N nas folhas das plantas do tratamento 1N é maior do que da adubação mineral, indicando maior disponibilidade de N no tratamento com a dose recomendada de lodo. Provavelmente, este fato ocorreu em função da mineralização do N adicionado via aplicações anteriores de lodo de esgoto.

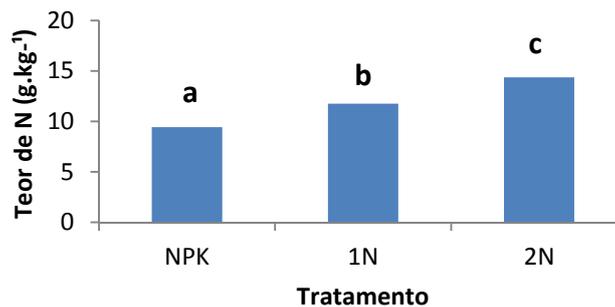


Figura 2. Teor de nitrogênio em folhas de plantas de milho cultivadas em solo tratado com adubação mineral ou lodo de esgoto. NPK - adubação nitrogenada de 120 kg ha⁻¹ de N mineral; e 1N e 2N - doses de lodo correspondente a 120 e 240 kg ha⁻¹ de N, considerando taxa de mineralização de N igual a 30%. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As quantidades absorvidas de nitrogênio pelas plantas nos diferentes tratamentos são apresentadas na Figura 3. Diferentemente do teor de nitrogênio, a quantidade de N absorvida no tratamento 2N foi igual à do 1N, embora este tratamento represente a adição do dobro do nutriente estudado. Este resultado era esperado, uma vez que as plantas apresentam limite de absorção dos nutrientes. Se a quantidade absorvida foi semelhante e a adicionada foi o dobro, tem-se a provável ocorrência de nitrogênio mineralizado em excesso no solo, que pode ser lixiviado e resultar na contaminação de coleções hídricas.

Adicionaram-se, tanto via NPK, como via dose recomendada de lodo de esgoto, 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio disponível. A quantidade de N absorvida no tratamento NPK foi de 146 kg ha⁻¹ e no 1N foi de 293 kg ha⁻¹. Portanto, novamente observa-se a provável disponibilização de nitrogênio proveniente de aplicações anteriores do resíduo, uma vez que a quantidade absorvida é maior do que a adicionada na última aplicação. Estes resultados indicam a necessidade de que seja considerada no cálculo da dose a ser aplicada a mineralização do nitrogênio remanescente de aplicações anteriores.

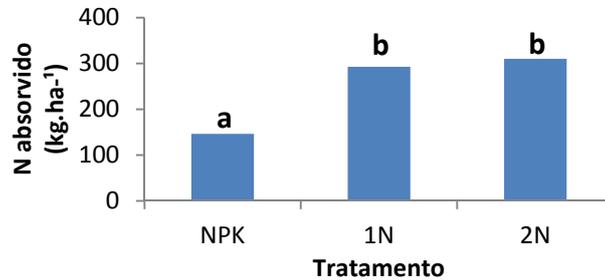


Figura 3. Nitrogênio absorvido por plantas de milho cultivadas em solo tratado com adubação mineral ou lodo de esgoto. NPK - adubação nitrogenada de 120 kg ha⁻¹ de N mineral; e 1N e 2N - doses de lodo correspondente a 120 e 240 kg ha⁻¹ de N, considerando taxa de mineralização de N igual a 30%. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para produção de massa seca das plantas observou-se que o tratamento 2N resultou em maiores valores do que o NPK (Figura 4), o que é esperado em função da adição de maiores quantidades de nutrientes via lodo de esgoto. Já o tratamento correspondente à dose recomendada não se diferenciou dos demais tratamentos. Mesmo adicionando-se o dobro de nitrogênio, não houve incremento significativo na produção de massa seca. A maior absorção de nitrogênio (Figura 3) pelas plantas do tratamento 1N também não resultou em ganho de produção de massa seca em relação à adubação mineral.

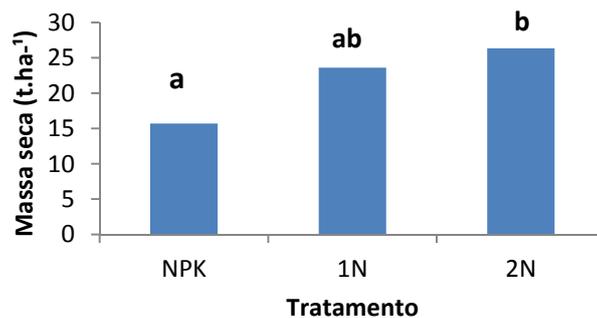


Figura 4. Massa seca de plantas de milho cultivadas em solo tratado com adubação mineral ou lodo de esgoto. NPK - adubação nitrogenada de 120 kg ha⁻¹ de N mineral; e 1N e 2N - doses de lodo correspondente a 120 e 240 kg ha⁻¹ de N, considerando taxa de mineralização de N igual a 30%. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à produtividade de grãos, houve diferença apenas para o tratamento 2N em relação ao NPK, assim como ocorreu para a produção de massa seca. O fato do tratamento 1N não se diferenciar da adubação mineral indica que em termos de produtividade agrícola a dose



recomendada está adequada. Além disso, tem-se que a adição do dobro da dose de lodo de esgoto recomendada e, conseqüentemente, o aumento do teor de N nas folhas (Figura 2), não resultam em maior produtividade. TAIZ & ZEIGE (1998) relacionam produtividade com teor de nitrogênio na planta e indicam que existe uma faixa adequada de teor de N no tecido vegetal, conforme a cultura. Dentro desta faixa, mesmo que o teor de N aumente, a produtividade é a mesma.

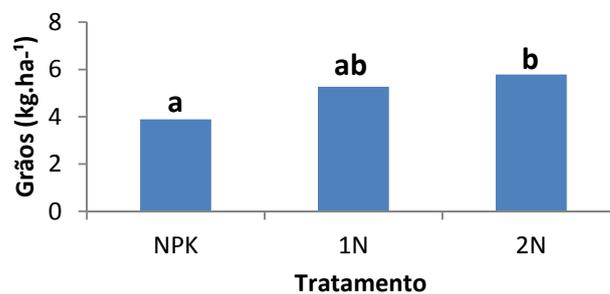


Figura 5. Produção de grãos de milho cultivado em solos tratados com adubação mineral ou lodo de esgoto. NPK - adubação nitrogenada de 120 kg ha⁻¹ de N mineral; e 1N e 2N - doses de lodo correspondente a 120 e 240 kg ha⁻¹ de N, considerando taxa de mineralização de N igual a 30%. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÃO

O teor e a quantidade absorvida de nitrogênio por plantas de milho em solo tratado sucessivamente com a dose recomendada de lodo de esgoto são maiores do que quando é realizada a adubação com NPK.

A quantidade de N absorvida por plantas de milho cultivadas em solo com o dobro da dose recomendada não difere da quantidade absorvida com a adição da dose recomendada, indicando excesso de nitrogênio no solo e maior potencial de contaminação.

A adição do dobro da dose recomendada de lodo de esgoto não resulta em maior produção de massa seca e produtividade quando comparada com a dose recomendada.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida. À Embrapa Meio Ambiente, pela oportunidade de estágio. E a todos que colaboraram para a realização desse trabalho.



**8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014
12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo**

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, C. A.; BOEIRA, R. C.; PIRES, A. M. M. **Nitrogênio presente em lodo de esgoto e a resolução nº 375 do CONAMA**. Uso agrícola do lodo de esgoto: avaliação após resolução nº 375 do CONAMA. Aline R. Coscione, Thiago A.R. Nogueira, Adriana M.M. Pires. - Botucatu: FEPAF, 2010. p.157-170.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.
- BRASIL. (2010) Congresso Nacional. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, **Diário Oficial da União**, Brasília. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.
- CONAMA. (2006) Conselho Nacional do Meio Ambiente. Definir critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dar outras providências. **Resolução n.º 375**, de 29 de agosto de 2006.
- COSCIONE, A. R. ; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola do lodo de esgoto: avaliação após resolução nº 375 do CONAMA**. Aline R. Coscione, Thiago A.R. Nogueira, Adriana M.M. Pires. - Botucatu: FEPAF, 2010. 407 p. ISBN: 978-85-98187-28-0.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2nd ed. Massachusetts: Sinauer associates, 1998, 792p.