



ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO ADUBADO COM LODO DE ESGOTO EM CULTIVO DE MILHO⁽¹⁾.

Denise de Lima Dias Delarica; ⁽²⁾ **Riviane Maria Albuquerque Donha**⁽³⁾; **Letícia Fernanda Lavezzo**⁽⁴⁾; **Wanderley José de Melo**⁽⁵⁾; **Valéria Peruca de Melo**⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da SABESP e do CNPq.

⁽²⁾ Mestranda em ciências do solo; Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, São Paulo e-mail: denise.delarica@gmail.com; ⁽³⁾ Doutoranda em produção vegetal; Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal São Paulo; e-mail: rividonha@gmail.com; ⁽⁴⁾ Mestranda em ciências do solo; Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, São Paulo e-mail: leticialavezzo.unesp@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Professor titular de biogeoquímica da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, SP, e-mail: wymelo@gmail.com. ⁽⁶⁾ Professor colaborador da UNICASTELO - Universidade Camilo Castelo Branco, Descalvado, SP, e-mail: vpmelo@bol.com.br

RESUMO: Os níveis de nutrientes no solo podem ser um dos fatores determinantes para seu estado de fertilidade. O uso do lodo de esgoto na agricultura possibilita o aproveitamento da matéria orgânica e os nutrientes nele contidos, para melhorar a estruturação do solo e suprir em partes, algumas necessidades nutricionais das plantas cultivadas. Em 1997 instalou-se um estudo na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, localizada na UNESP, Campus de Jaboticabal/SP, sobre dois latossolos - Vermelho eutroférico – textura argilosa (LVef), e Vermelho distrófico – textura média (LVd) – utilizando tratamentos: T1 = 0 Mg ha⁻¹ (testemunha); T2 = 2,5 Mg ha⁻¹; T3 = 5 Mg ha⁻¹; T4 = 10 Mg ha⁻¹, base seca, em cinco repetições. Como resultados ambos os solos apresentaram a saturação por bases maiores nos tratamentos em que lodo de esgoto foi adicionado, Como também a presença do resíduo propiciou incremento nos valores de pH, V(%), CTC, de fósforo extraído pela resina e magnésio alcançaram a maior média na dose 10,0 t ha⁻¹ de lodo de esgoto em relação a testemunha.

Termos de indexação: uso de resíduos na agricultura, latossolos, qualidade do solo.

INTRODUÇÃO

O uso agrícola do lodo de esgoto é considerado uma das alternativas mais viáveis, do ponto de vista econômico e ambiental, para descarte do resíduo, sendo seu uso preconizado, principalmente, em culturas que não são diretamente utilizadas na alimentação humana (Ribeirinho et al., 2012). A utilização do lodo de esgoto na agricultura exige, contudo, uma definição de critérios que garantam a segurança do seu uso, principalmente em relação à capacidade de fornecimento de nutrientes e ao potencial poluidor que este resíduo pode encerrar.

O objetivo do projeto é estudar o potencial de fornecimento de nutrientes à cultura do milho pela adição anual do lodo de esgoto com aplicação de quatro anos consecutivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido à campo em uma área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, localizada na UNESP, Campus de Jaboticabal/SP.

Tratamentos e amostragens

O experimento foi instalado em 1997 em dois tipos de solos, Latossolo Vermelho eutroférico – textura argilosa (LVef), e Latossolo Vermelho distrófico – textura média (LVd), e os tratamentos utilizados foram: T1 = 0 Mg ha⁻¹ (testemunha); T2 = 2,5 Mg ha⁻¹; T3 = 5 Mg ha⁻¹; T4 = 10 Mg ha⁻¹, base seca, em cinco repetições. A dose 5 Mg ha⁻¹ foi estabelecida para fornecer todo o nitrogênio exigido pela cultura do milho, admitindo-se que 1/3 do nitrogênio contido no lodo de esgoto encontrava-se disponível para as plantas. No primeiro ano de cultivo, a área experimental recebeu calcário dolomítico com o intuito de elevar a saturação por bases para 70%, conforme a recomendação de Raij & Cantarella (1997). p

O tratamento testemunha não recebeu lodo de esgoto, o tratamento L1 recebeu 4 baldes – 60 kg de lodo úmido (o equivalente a 2,5 t.ha⁻¹ de lodo úmido), o tratamento L2, 8 baldes – 120 kg de lodo úmido (o equivalente a 5 t.ha⁻¹ de lodo úmido) e o tratamento L3 16 baldes – 240 kg de lodo úmido (o equivalente a 33,2 t.ha⁻¹ de lodo úmido). A partir do segundo ano de experimentação, o tratamento T1 passou a ser adubado de acordo com a análise de fertilidade do solo e as indicações contidas no Boletim 100 (RAIJ & CANTARELLA, 1997).

Características do lodo de esgoto

Anterior à distribuição do lodo no campo, retirou-se uma amostra do material para determinação da



umidade atual, necessária para se calcular as quantidades de lodo de esgoto a serem aplicadas em cada parcela. No ano agrícola 2000/2001 e a 2001/2002 as características do lodo corresponderam de acordo a **Tabela 1**.

Tabela 1 - Atributos do lodo de esgoto aplicado na cultura do milho nos anos de 2000/01 e 2001/02.

| Atributos | Lodo 2000/01 | Lodo 2001/02 |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| Umidade % | 4,51 | 3,25 |
| N Kjeldahl g Kg ⁻¹ | 28,85 | 37,97 |
| Fósforo g Kg ⁻¹ | 16,32 | 16,06 |
| Potássio g Kg ⁻¹ | 19,37 | 2,33 |
| Enxofre g Kg ⁻¹ | nd | 14,21 |
| Cálcio g Kg ⁻¹ | 64,28 | 32,97 |
| Magnésio g Kg ⁻¹ | 6,41 | 7,18 |
| Carbono mg Kg ⁻¹ | 272,25 | 252,06 |
| Ferro mg Kg ⁻¹ | 9281,39 | 36225,82 |
| Manganês mg Kg ⁻¹ | nd | 785,50 |
| Zinco mg Kg ⁻¹ | 1827,48 | 2433,62 |
| Cobre mg Kg ⁻¹ | 752,72 | 647,47 |
| Níquel mg Kg ⁻¹ | 371,78 | 361,84 |
| Cádmio mg Kg ⁻¹ | 10,32 | 9,45 |
| Crômio mg Kg ⁻¹ | 731,70 | 803,94 |
| Chumbo mg Kg ⁻¹ | 178,30 | 159,87 |

nd: Não determinado

Amostragem de solo para fins avaliação do nível de fertilidade

As amostras foram levadas ao laboratório, colocadas em bandejas de polietileno e deixadas secar ao ar e à sombra por três dias. Depois de secas, estas amostras foram destorroadas em moinho próprio para tal finalidade e feitas passar por peneira com 2mm de abertura de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), que foi armazenada em sacos de polietileno previamente etiquetados até que fossem realizadas as análises.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Tabela 2** encontram-se apresentados os resultados referentes aos atributos químicos com diferentes doses de lodo de esgoto por 3 anos consecutivos, dados estes referentes ao terceiro ano agrícola. Através da análise dos dados obtidos pode-se observar que houve diferença significativa em relação a todos os tratamentos testados em ambos os solos. De maneira geral, a testemunha diferiu dos demais tratamentos que receberam lodo de esgoto, sendo que os tratamentos com adição de doses crescentes diferiram entre si. O tratamento testemunha apresentou o menor valor de pH (acidez média), uma vez que este não recebeu

calagem no momento da instalação do experimento, porém estando dentro do valor adequado proposto por Rajj et al. (1997). A maior dose utilizada (20 t ha⁻¹) apresentou valor de pH inferior ao encontrado nos tratamentos que receberam as doses 5 e 10 t ha⁻¹, uma vez que este foi o primeiro ano de aplicação desta dose (pois houve aumento da dose de 2,5 t ha⁻¹ aplicada por dois anos consecutivos pela dose de 20 t ha⁻¹), tendo em vista o efeito residual das doses de 5 e 10 t ha⁻¹ aplicadas nos anos anteriores. De uma maneira geral, os valores de fósforo obtidos são classificados como altos, com exceção do tratamento que recebeu 10 t ha⁻¹ lodo de esgoto, que apresentou valor considerado muito alto para culturas anuais, como é o caso do milho.

Os valores de H+Al foram estatisticamente maiores no tratamento que recebeu apenas adubação mineral (T). Entre os tratamentos que receberam lodo de esgoto como fonte de externa de nutrientes para a cultura do milho, o valor da acidez potencial decresceu com aumento da dose de lodo de esgoto aplicada, sendo que o menor valor foi encontrado no tratamento 10 t ha⁻¹, que diferiu significativamente das doses 5 e 20 t ha⁻¹. O maior valor de CTC foi observado no tratamento que recebeu 10 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, diferindo significativamente dos demais tratamentos. A aplicação do resíduo proporcionou melhoria significativa nas condições determinantes da retenção de cátions no solo. Os resultados de acidez potencial no LVd comporta-se de forma semelhante ao observado no LVef, apesar das diferenças de textura existentes entre os dois solos.

Tal como observado para o LVef, os efeitos sobre a SB no LVd parece ter devido aos elevados teores de alguns cátions, principalmente de Ca, cujo valor tem se elevado ao longo dos anos e nos tratamentos que receberam lodo de esgoto anualmente, especialmente lodo caleado. Apesar da quantidade aplicada nas parcelas correspondentes ao tratamento da dose de 20 t ha⁻¹ ser maior do que as quantidades aplicadas nos demais tratamentos, uma única aplicação nessa dose ainda não foi suficiente para incrementar a CTC do solo de forma a superar as doses 5 e 10 t ha⁻¹ por 3 anos consecutivos, ou seja, o efeito residual nesses tratamentos propicia melhores condições de fertilidade do solo.

Na **Tabela 3** encontram-se apresentados os resultados de atributos químicos tratado com diferentes doses de lodo de esgoto por 4 anos consecutivos, dados estes referentes ao quarto ano agrícola. Observa-se, em ambos os solos que os maiores valores de pH foram encontrados nos



tratamentos que receberam lodo de esgoto, sendo a maior média encontrada na dose 10,0 t ha⁻¹ (base seca). Esta, por sua vez, diferiu dos tratamentos testemunha (fertilização mineral) e 20,0 t ha⁻¹ de lodo de esgoto. Assim como ocorrido com o pH nos dois tipos de solo, observa-se um aumento nos valores de cálcio até a dose 10,0 t ha⁻¹, sendo que, a partir desta, ocorre uma queda no valor de Ca na dose 20,0 t ha⁻¹. O maior valor de fósforo extraído pela resina e magnésio nos solos foram obtidos no tratamento que recebeu a dose de 10,0 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, o qual não diferiu apenas do tratamento 20,0 t ha⁻¹. Por outro lado, a menor média foi obtida no tratamento testemunha (fertilização mineral), não diferiram dos tratamentos com lodo de esgoto na dose 5,0 t ha⁻¹. Os valores do índice de saturação por bases tenderam a ser maiores nos tratamentos que receberam lodo de esgoto, sendo a menor média observada no tratamento testemunha (fertilização mineral). O maior valor de V(%) foi obtido no tratamento que recebeu a dose de 10,0 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, o qual não diferiu significativamente apenas do tratamento que recebeu 5,0 t ha⁻¹ de resíduo. Nota-se maior valor de acidez potencial no tratamento testemunha (fertilização mineral), seguido do tratamento que recebeu 20,0 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, não sendo detectada diferença significativa entre esses dois tratamentos. O menor valor foi obtido no tratamento 10,0 t ha⁻¹ de lodo de esgoto. O maior valor de CTC e da soma de bases foi obtido no tratamento que recebeu a dose de 10,0 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, o qual não diferiu significativamente apenas do tratamento 5,0 t ha⁻¹ do resíduo. Novamente, a menor média foi representada pelo tratamento testemunha (fertilização mineral), não diferindo do tratamento 20,0 t ha⁻¹ de lodo de esgoto. Assim como ocorreu com outros atributos analisados, os valores do índice de saturação por bases tenderam a ser maiores nos tratamentos que receberam lodo de esgoto, sendo a menor média observada no tratamento testemunha (fertilização mineral). O maior valor de V(%) foi obtido no tratamento que recebeu a dose de 10,0 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, que não diferiu significativamente apenas do tratamento que recebeu 5,0 t ha⁻¹ de resíduo. No solo LVd o maior valor obtido para potássio extraído pelo método da resina foi apresentado pelo

tratamento testemunha (fertilização mineral), explicado pelo fato de ser o lodo de esgoto um material originalmente pobre neste nutriente. Os valores médios de fertilidade do solo em LVef, cultivado com milho, comparados entre os anos agrícolas 2000/2001, estão apresentados na tabela 3 e do LVd na tabela 4. Em relação a ambos os solos, o único atributo químico que apresentou variação entre os dois anos foi o teor de material orgânica no solo na camada 0- 20 cm. Na literatura esses resultados já foram observados também por Nascimento et al., (2004) e Tsadilas et al. (2005). De acordo com Bettiol e Camargo (2000), o uso agrícola do lodo de esgoto como adubo orgânico é considerado hoje alternativa promissora de disposição final desse resíduo. Este é um resíduo rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes para as plantas. Sabe-se que o aumento do teor de matéria orgânica, especialmente nos solos tropicais, é importante para a retenção de nutrientes e manutenção de propriedades físicas adequadas (Maria et al., 2007).

CONCLUSÕES

Em ambos os solos a saturação por bases foram maiores nos tratamentos que receberam o lodo de esgoto, assim como os maiores valores de pH, de V(%), de CTC, de fósforo extraído pela resina e magnésio alcançaram a maior média na dose 10,0 t ha⁻¹ de biossólido.

As doses 5 e 10 t ha⁻¹ apresentaram maior fertilidade do solo devido aos efeitos residuais das aplicações.

REFERÊNCIAS

- MARIA, I. C. DE; KOCSSI, M. A.; DECHEN, S. C. F. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. *Bragantia*, v.66, p. 291-298, 2007.
- TSADILAS, C.D.; MITSIOS, I.K.; GOLIA, E. Influence of biosolids application on some soil physical properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.36, n.4-6, p.709-716, 2005.
- RIBEIRINHO, V. S.; MELO, W. J. de; FIGUEIREDO, SILVA D. H. da; FIGUEIREDO, L. A., MELO, G. M. P. de. Fertilidade do solo, estado nutricional e produtividade de girassol, em função da aplicação de lodo de esgoto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 42, p. 166-173, 2012.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.



Tabela 2 - Fertilidade do solo, na profundidade de 0-20 cm, cultivado com milho, tratado com doses crescentes de lodo de esgoto para o ano agrícola 2000/2001.

| LVef | pH CaCl ₂ | M.O mg dm ⁻³ | Presina mg dm ⁻³ | K mmol _c dm ⁻³ | Ca | Mg | H+Al | S | T | V% |
|--------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|---------|--------|---------|----------|----------|---------|
| adubação mineral | 5,38 D | 24,0 A | 54,2 B | 3,70 A | 31,0 B | 12,2 A | 29,20 A | 46,90 B | 76,10 B | 61,20 C |
| 5 t ha ⁻¹ LE | 6,06 B | 25,0 A | 55,8 B | 3,12 A | 50,6 B | 13,4 A | 17,00 B | 67,12 B | 84,12 B | 79,20 B |
| 10 t ha ⁻¹ LE | 6,40 A | 25,6 A | 114,4 A | 3,28 A | 91,8 A | 11,8 A | 11,40 C | 106,88 A | 118,28 A | 90,20 A |
| 20 t ha ⁻¹ LE | 5,80 C | 24,6 A | 67,2 B | 3,40 A | 43,8 B | 12,8 A | 19,80 B | 60,00 B | 79,80 B | 75,00 B |
| LVd | pH CaCl ₂ | M.O mg dm ⁻³ | Presina mg dm ⁻³ | K | Ca | Mg | H+Al | SB | T | V% |
| adubação mineral | 4,92 C | 13,8 B | 27,8 C | 1,58 A | 18,60 D | 6,2 B | 21,6 A | 26,38 D | 47,98 C | 55,20 C |
| 5 t ha ⁻¹ LE | 6,34 A | 15,6 AB | 100,0 A | 1,36 A | 54,60 B | 8,0 A | 9,6 C | 63,96 B | 73,56 B | 86,80 A |
| 10 t ha ⁻¹ LE | 6,56 A | 16,0 A | 129,0 A | 1,10 B | 75,40 A | 7,2 AB | 7,6 C | 83,70 A | 91,30 A | 91,40 A |
| 20 t ha ⁻¹ LE | 5,80 B | 15,2 AB | 62,6 B | 1,08 B | 36,60 C | 7,6 AB | 13,0 B | 45,28 C | 58,28 C | 77,20 B |

Tabela 3 - Fertilidade do solo, na profundidade de 0-20 cm, cultivado com milho, tratado com doses crescentes de lodo de esgoto para o ano agrícola 2001/2002.

| LVef | pH CaCl ₂ | M.O mg dm ⁻³ | Presina mg dm ⁻³ | K | Ca | Mg | H+Al mmol _c dm ⁻³ | S | T | V% |
|--------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------|---------|----------|--------------------------------------------|---------|----------|---------|
| adubação mineral | 5,08 B | 29,00 A | 53,20 C | 4,22 A | 39,20 C | 11,80 B | 38,00 A | 55,22 B | 93,22 B | 59,20 B |
| 5 t ha ⁻¹ LE | 6,02 A | 32,40 A | 80,20 BC | 3,56 A | 57,20 B | 15,60 A | 23,20 B | 76,36 A | 99,56 AB | 76,40 A |
| 10 t ha ⁻¹ LE | 6,40 A | 29,80 A | 141,20 A | 3,80 A | 66,80 A | 17,60 A | 17,40 B | 88,20 A | 105,60 A | 83,40 A |
| 20 t ha ⁻¹ LE | 5,40 B | 32,80 A | 111,80 AB | 2,76 A | 47,20 C | 11,80 B | 34,60A | 61,76 B | 96,36 B | 63,80B |
| LVd | Ph CaCl ₂ | M.O mg dm ⁻³ | Presina mg dm ⁻³ | K | Ca | Mg | H+Al | SB | T | V% |
| adubação mineral | 5,14 B | 18,60 A | 49,60 C | 1,56 A | 24,80 B | 8,80 B | 26,80 A | 35,16 B | 61,96 C | 56,20 B |
| 5 t ha ⁻¹ LE | 6,32 A | 19,80 A | 98,00 B | 1,42 A | 43,80 A | 13,40 A | 13,60 B | 58,60 A | 72,22 AB | 81,00 A |
| 10 t ha ⁻¹ LE | 6,56 A | 20,80 A | 129,80 A | 1,24 A | 50,20 A | 13,20 A | 11,80 B | 64,64 A | 76,44 A | 84,60 A |
| 20 t ha ⁻¹ LE | 5,36 B | 19,80 A | 73,00 BC | 0,84 B | 30,20 B | 11,20 AB | 23,40 A | 42,24 B | 65,64 BC | 64,00 B |

LE: Lodo de Esgoto

Tabela 4 - Valores médios de fertilidade do solo nos anos agrícolas 2000/2001e 2001/2002 em LVef, cultivado com milho, de acordo com os tratamentos empregados.

| Ano | pH CaCl ₂ | M.O mg dm ⁻³ | Presina mg dm ⁻³ | K | Ca | Mg | H+Al mmol _c dm ⁻³ | S | T | V% |
|-------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------|--------|---------|--------------------------------------------|---------|---------|--------|
| 00/01 | 5,91 A | 24,8 B | 72,9 A | 3,375 A | 54,3 A | 12,55 A | 19,35 A | 70,22 A | 89,57 A | 76,4 A |
| 01/02 | 5,97 A | 31 A | 96,6 A | 3,585 A | 52,6 A | 14,20 A | 28,3 A | 70,38 A | 98,68 A | 70,7 A |

Tabela 5 - Valores médios de fertilidade do solo nos anos agrícolas 2000/2001e 2001/2002 em LVd, cultivado com milho, de acordo com os tratamentos empregados.

| Ano | pH CaCl ₂ | M.O mg dm ⁻³ | Presina mg dm ⁻³ | K | Ca | Mg | H+Al mmol _c dm ⁻³ | S | T | V% |
|-------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------|---------|---------|--------------------------------------------|---------|----------|---------|
| 00/01 | 5,905 A | 15,15 B | 79,85 A | 1,28 A | 46,3 A | 7,25 A | 12,95 A | 54,83 A | 67,78 A | 71,45 A |
| 01/02 | 5,845 A | 19,75 A | 87,6 A | 1,26 A | 37,25 A | 11,65 A | 18,9 A | 50,16 A | 69,065 A | 77,65 A |