

## Ensaio de predição do pH na adição de lodo de ETE em solo<sup>(1)</sup>.

**Leonardo Capeleto de Andrade<sup>(2)</sup>; Robson Andreazza<sup>(3)</sup>; Flávio Anastácio de Oliveira Camargo<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos de pesquisa, no Laboratório de Biorremediação, Departamento de Solos – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). <sup>(2)</sup> Engenheiro Ambiental, mestrando em Ciências do Solo; UFRGS; Porto Alegre, RS; bolsista GM – CNPq; eng.capeleto@gmail.com <sup>(3)</sup> Co-orientador; Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) <sup>(4)</sup> Orientador; UFRGS.

**RESUMO:** A destinação final ambientalmente adequada dos resíduos visa evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, assim como minimizar os impactos ambientais adversos; por definição, os lodos de Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) são classificados como resíduos sólidos. O uso agrícola de lodos de ETE é uma alternativa que apresenta vantagens ambientais quando comparado a outras práticas de destinação final. O objetivo do ensaio foi determinar a variação do pH de um solo com a adição de diferentes doses de um lodo, assim como comparar a diferença entre os resultados para os lodos seco e úmido. O lodo utilizado foi coletado na ETE de um aterro de resíduos industriais. Foram utilizadas as dosagens de lodo úmido e seco de: 0; 15; 37,5; 75; 150; 375 e 750 Mg. ha<sup>-1</sup>. Os materiais foram adicionados em tubos de 50 mL, verificando-se o pH em água (1:1). O solo utilizado apresentou pH de 6,21; o lodo seco apresentou pH de 7,9 e o lodo úmido (natural) de 8,4. As doses apresentaram inicialmente alteração curvilínea do pH para as doses iniciais e linear à partir de aproximadamente 100 Mg.ha<sup>-1</sup>. A mistura do solo com os lodos (seco e úmido) apresentou diferença de pH na média total, porém não apresentando na maior parte das doses. O solo atingiu pH próximo a 6,5 com a dose equivalente de 150 Mg.ha<sup>-1</sup>. Ocorreu tendência de diferenciação do pH, entre os lodos seco e úmido, aproximadamente à partir da dose de 200 Mg.ha<sup>-1</sup>.

**Termos de indexação:** destinação final, disposição em solo, resíduos sólidos.

### INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios da sociedade moderna é o equacionamento da geração e disposição final ambientalmente segura dos resíduos sólidos (Jacobi & Besen, 2011).

Segundo a Lei N° 12.305/2010, a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e ainda, minimizar os impactos ambientais adversos.

Segundo NBR 10004:2004, resíduos sólidos são definidos como: resíduos nos estados sólido e semi-sólido; que resultam de atividades; incluídos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e instalações de controle de poluição. Assim sendo, os lodos de Estações de Tratamento de Efluentes (ETE).

A resolução CONAMA 375/2006 considera que o uso agrícola dos lodos de Estação de Tratamento de Esgotos (não considerando neste caso, efluentes industriais) é uma alternativa que apresenta vantagens ambientais quando comparado a outras práticas de destinação final, enquadrando-se nos princípios de reutilização de resíduos de forma ambientalmente adequada. Sendo o lodo de ETE uma fonte de matéria orgânica e nutrientes para as plantas, sua aplicação no solo pode trazer benefícios à agricultura, desde que não cause danos à saúde e ao meio ambiente. Para a aplicação, a resolução prevê que a taxa de aplicação máxima anual deve garantir que o pH final da mistura solo-lodo de esgoto ou produto derivado não ultrapasse o limite de 7,0.

O objetivo do ensaio foi determinar a variação do pH de um solo com a adição de diferentes doses de um lodo de ETE, assim como comparar a diferença entre os resultados para lodos seco e úmido em mesmas dosagens.

### MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado no ensaio foi um Cambissolo Húmico Alumínico (CHa), UM Bom Jesus (Embrapa, 2009). O solo caracteriza-se por sua acidez natural, porém a amostra utilizada provém de área corrigida. A amostra utilizada foi previamente preparada segundo Tedesco et al. (1995).

O lodo utilizado foi coletado na ETE de um aterro de resíduos industriais. Parte do material foi seco em estufa à 65°C ±4°C, moído e peneirado. A caracterização física ocorreu segundo metodologia proposta por Embrapa (1997).

Foram utilizadas no ensaio (lodo seco) as doses de lodo/solo: 0; 1; 2,5; 5; 10; 25; 50 e 100% (v/v), correspondendo aos respectivos equivalentes 0; 15; 37,5; 75; 150; 375 e 750 Mg.ha<sup>-1</sup>. Para o lodo em umidade natural foram utilizados os equivalentes

para mesmas doses ( $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

A diferença de porcentagem de sólidos (secos) presentes no lodo (úmido) foi determinada de acordo com a Equação 1.

**Equação 1** – Porcentagem de sólidos no material.

$$\% \text{ sólidos} = \frac{100}{(1+Ug)}$$

Os materiais foram adicionados em tubos tipo falcon de 50 mL. As doses foram calculadas para as respectivas densidades e pesadas em balança. As análises foram em triplicata. O procedimento e medição do pH (em água) ocorreu segundo Tedesco et al. (1995).

Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando o software ASSISTAT Versão 7.6. Efetuou-se a análise de variância e comparativo das médias pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo utilizado no experimento apresentou pH de 6,21. O lodo apresentou umidade gravimétrica ( $Ug$ ) média de  $3,19 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ , densidade aparente ( $Ds$ ) de  $0,75 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (seco) e densidade de  $1,06 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (umidade natural). O pH do lodo (seco) foi de 7,9, sendo no lodo natural de 8,4. Fato se deve a solução do lodo (amostra extraída em centrífuga) apresentar pH de 8,3.

Os resultados de pH para as diferentes doses, de lodo seco e úmido, são apresentados na tabela 1.

**Tabela 1** – Comparativo do pH para as diferentes doses ( $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) de lodo seco e úmido.

Doses ( $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )	pH (L. seco <sup>1</sup> )	pH (L. úmido <sup>2</sup> )
0	6,21 fA	6,21 dA
15	6,32 eA	6,22 dB
37,5	6,41 dA	6,38 cA
75	6,44 dA	6,43 cA
150	6,55 cA	6,57 bA
375	6,74 bA	6,65 bB
750	7,03 aA	6,90 aB

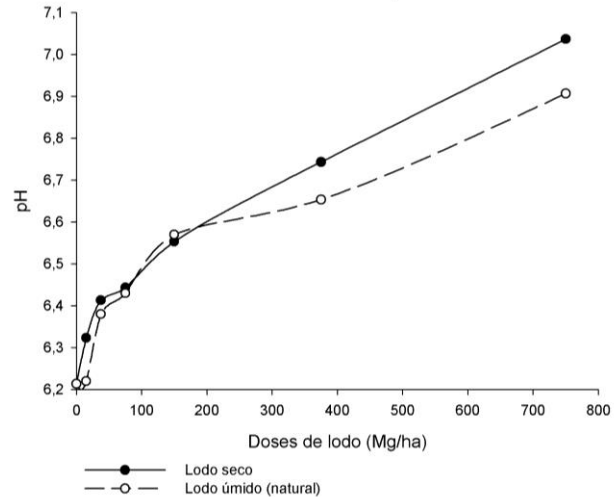
<sup>1</sup> Lodo seco em estufa. <sup>2</sup> Lodo em umidade natural.

Letras minúsculas referem-se a variações entre os pH dos mesmos blocos - seco e úmido; Letras maiúsculas referem-se à variações entre os blocos para mesmas doses.

As doses de lodo (seco e úmido) resultaram em uma tendência curvilínea para as doses iniciais e linear à partir de aproximadamente  $100 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , como pode ser visualizado na figura 1. A diferença entre as tendências dos lodos seco e úmido apresenta-se mais evidente à partir da dose de  $200 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , sendo menos evidente nas doses inferiores, exceto para dose de  $15 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Tabela 1).

A mistura do solo com os lodos seco e úmido

apresentou diferença estatística de pH na média total, porém não apresentando na maior parte das doses.



**Figura 1** – Correlação entre as diferentes doses de lodo e o pH final da mistura.

Marin et al. (2010) verificaram que um Cambissolo Húmico Distrófico típico (CHd), com alto teor de carbono ( $45,6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) e pH  $\text{CaCl}_2$  de 4,1 apresentou maior resistência ao aumento do pH, mantendo-o inferior a 6 mesmo na dose de  $40 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de um lodo alcalino (pH 12,2). No caso do lodo utilizado neste experimento, por possuir pH menor e o solo estar corrigido, não observou-se esta resistência, apenas uma modificação na inclinação da curva em torno de  $75 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Sendo a diferença entre o lodo seco e úmido de aproximadamente 3 gramas de água por grama de lodo (seco), a relação entre os lodos é de cerca de 0,25 gramas (1/4) de lodo seco por grama de lodo úmido; sendo o restante a solução composta pelo efluente da ETE do aterro.

## CONCLUSÕES

O lodo seco apresentou maior capacidade de modificação do pH, comparado ao úmido.

Ocorreu diferenciação de pH na aplicação dos lodos seco e úmido para as maiores doses.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de pesquisa; ao PPGCS/UFRGS; e aos colegas e professores da pós-graduação em Ciências do Solo.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação. Norma brasileira. 2004. 77p.



BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 375, de 30 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.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisas Agropecuárias. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisas Agropecuárias. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2009. 412 p.

JACOBI, P.R. & BESEN, G.R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados [online], 71:135-158, 2011.

MARIN, L.M.K.S; BITTENCOURT, S.; ANDREOLI, C.V.; CARAFINI, C.; LIMA, M.R.; SERRAT, B.M.; MOCHIDA, G.A. Determinação da taxa de aplicação máxima anual de lodo de esgoto higienizado por processo alcalino em solos da região metropolitana de Curitiba. Nota Técnica. Eng Sanit Ambient, 15-2:113-118, 2010.

TEDESCO M.J.; GIANELLO C.; BISSANI C.A.; BOHNEN H.; VOLKWEISS S.J. Análises de solos, plantas e outros materiais. 2ª ed. Porto Alegre, UFRGS, Departamento de Solos. Boletim Técnico, 5. 1995. 174p.