

CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO LODO DE ESGOTO

CHARACTERIZATION OF CHEMICAL PROPERTIES OF SEWAGE SLUDGE

MANETTI, F. A.¹; SILVA, W. S.², PEREIRA, L. A.³, OLIVEIRA, K. P.⁴

^{1a3} Curso de Agronomia - Faculdades Integradas de Ourinhos-FIO/FEMM, ⁴Mestranda em Biotecnologia Animal – Unesp/FMVZ/Botucatu

RESUMO

O lodo de esgoto é um material resultante dos processos de tratamento primário e secundário do esgoto e altamente complexo quanto à composição. Esses tratamentos são necessários para adequar os efluentes aos padrões de lançamento impostos pela legislação vigente, removendo ou reduzindo as concentrações de substâncias presentes no esgoto que poderiam causar impacto ao ambiente. No entanto, devido ao grande volume, o destino do lodo produzido vem preocupando pesquisadores, órgãos ambientais, legisladores e as empresas de tratamento do esgoto, em todo o mundo. Estudos realizados na Europa indicam uma projeção preocupante para os próximos anos, com o crescimento da produção de lodo de esgoto, principalmente porque muitos países em desenvolvimento terão aumentadas as capacidades de tratamento de seus esgotos urbanos. Pela composição rica em matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, o lodo de esgoto tem sido fortemente sugerido para a aplicação na agricultura como condicionador e fertilizante do solo. Os benefícios que poderiam ser obtidos com sua aplicação seriam quanto à reciclagem da matéria orgânica e o aporte de nutrientes no solo, melhorando suas propriedades físicas, químicas e biológicas e a produtividade agrícola. Entretanto, como o lodo contém elevadas concentrações de contaminantes, essa prática pode resultar em adição direta de patógenos diversos e substâncias químicas não desejadas no solo agriculturável e conseqüentemente na cadeia alimentar.

Palavras-chave: Matéria Orgânica. Fertilizante. Nutrientes.

ABSTRACT

Sewage sludge is a material resulting from the primary and secondary treatment processes of the sewage and highly complex in composition. These treatments are necessary to adapt the effluents to the release standards imposed by the current legislation, removing or reducing the concentrations of substances present in the sewage that could impact the environment. However, due to the large volume, the fate of the sludge produced has been worrying researchers, environmental agencies, legislators, and sewage companies all over the world. Studies carried out in Europe indicate a worrying projection for the coming years, with the growth of sewage sludge production, mainly because many developing countries will have increased the treatment capacities of their urban sewage. Due to the composition rich in organic matter, nitrogen and phosphorus, sewage sludge has been strongly suggested for application in agriculture as a soil conditioner and fertilizer. The benefits that could be obtained with its application would be regarding the recycling of the organic matter and the contribution of nutrients in the soil, improving its physical, chemical and biological properties and agricultural productivity. However, since sludge contains high concentrations of contaminants, this practice may result in the direct addition of several pathogens and undesirable chemical substances in the agricultural soil and, consequently, in the food chain.

Keywords: Organic Matter. Fertilizer. Nutrients.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é uma das condições imprescindíveis para a população que visa à qualidade de vida. Mesmo com estas premissas, atualmente grande parte do esgoto produzido é despejado de forma indiscriminada em corpos

hídricos sem qualquer tipo de tratamento, um dos principais causadores de condições ambientais precárias.

Para isto, a medida que vem sendo empregada com eficiência é o tratamento de águas servidas em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's). Estas unidades têm como função fazer com que o efluente gerado nas cidades possua condições adequadas para serem incorporadas novamente à natureza sem prejudicar o meio ambiente. Mas em consequência deste processo, outro resíduo é gerado, o lodo de esgoto. O lodo de esgoto é um resíduo semi sólido e heterogêneo, que é resultado do tratamento de efluentes urbanos, sendo que sua composição varia quanto: ao percentual de umidade, aos nutrientes, à MO, microorganismos, elementos inorgânicos e compostos potencialmente tóxicos ao ambiente (ABREU JUNIOR *et al.*, 2005).

O lodo gerado no tratamento de esgoto geralmente apresenta uma alta concentração de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio e micronutrientes. Esse resíduo se for tratado com cal, tem característica de corrigir a acidez do solo, pois, quando o lodo é submetido ao processo de estabilização alcalina, seu pH fica básico. O nitrogênio é o principal componente do lodo de esgoto, logo, pode-se dizer que o elemento é o referencial para a limitação de suas taxas de aplicação (ANDREOLI *et al.*, 2006).

No Japão e em alguns países europeus, é feito o monitoramento da lixiviação do nitrogênio na forma de nitrato encontrado no ambiente. No Paraná, por exemplo, o volume de lodo aplicado em função da capacidade de assimilação de nutrientes tende a ser controlado, diretamente em relação ao elemento nitrogênio (MIKI *et al.*, 2006).

Os metais pesados podem apresentar uma concentração maior no lodo que no solo. Logo é possível visualizar que se deva controlar a utilização do lodo como fertilizante. As práticas do manejo do lodo de esgoto no solo devem levar em conta as concentrações de metais pesados presentes no resíduo, sempre monitorando os níveis cumulativos máximos permitidos no solo, quantidade já acumulada, as condições regionais do solo, as condições climáticas e a topografia (MIRANDA, 2010).

A associação dos riscos aos metais pesados que estejam no solo devido à aplicação do bio sólido depende de vários fatores originais do solo como: textura,

tipo de argila, matéria orgânica, pH, capacidade de troca catiônica e intensidade do intemperismo (CORREIA, 2009).

Estudos realizados com lodo da estação de tratamento de esgoto de Belém mostraram que mesmo duplicando a dosagem, ou seja, 100 (t/ha), não houve nenhum acréscimo significativo nas concentrações dos elementos no solo decorrente a aplicação do lodo. Experimentos realizados com maiores dosagens em coluna de percolação mostraram que os metais pesados permanecem na superfície do solo, penetrando de cerca de 2,5 cm de profundidade, sendo o zinco o único elemento a conseguir atingir um comprimento de percolação máxima de 10cm de profundidade quando se utiliza solos de pH 4 (FIEST *et al.*, 1998).

MATERIAL E MÉTODOS

Os lodos utilizados neste trabalho foram coletados na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) instalado na Cidade de Toledo, Oeste do Estado do Paraná, Brasil, localizado nas coordenadas geográficas: 24 ° 43' 53'', Sul e 53° 45' 55'', Oeste e altitude de 576 metros.

O pH foi determinado pesando-se 10g da amostra e passando para um becker de 100mL, adicionando água destilada e esterilizada, mantendo em repouso por quatro horas para se fazer a determinação em um potenciômetro com eletrodo devidamente calibrado.

Os parâmetros avaliados foram: C (g.Kg^{-1}); relação C:N (g.Kg^{-1}); N-NH₄ (mg.Kg^{-1}); N-NO₃ (mg.Kg^{-1}); P total (%); S total (%); P (%); K (%) e Mg (%). Todos esses parâmetros foram determinados pelos métodos preconizados pela APHA, AWWA, WPCF (1998).

Foram determinados os seguintes metais pesados: cádmio, cobre, níquel, chumbo e zinco. Todos os metais foram determinados por espectrometria de absorção atômica com chama de ar-acetileno, após dissolução em forno de microondas sob pressão, usando o método EPA - 3051 (USEPA, 1994): Dissolução de 0,5 g de amostra em 10 mL de HNO₃ concentrado durante dez minutos a 175°C e 200 P_{sig}.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para utilização adequada do biossólido é necessário que o lodo de esgoto passe por um processo de desinfecção. Uma alternativa para esta questão é a

secagem térmica, pois reduz significativamente o volume de lodo, consequentemente reduz o custo com transporte, o produto final é praticamente livre de patógenos e há preservação das propriedades fertilizantes para uso agrícola do lodo (ANDREOLI, 2001). O lodo seco pode ser incinerado ou disposto em aterro sanitário (TSUTIYA, 2001).

Também existe a possibilidade de sua utilização como fonte de energia (biocombustível) (MAINTINGUER *et al.*, 2011) ou ainda na construção civil (PAIVA, 2007). Cabe ressaltar que a aplicação deste do biossólido necessita de estudos mais aprofundados e que, para alguns casos, existe legislação própria, como a Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que versa sobre critérios e procedimentos para uso agrícola de lodo gerado em estações de tratamento de esgoto sanitário.

Características físico - químicas do lodo de esgoto (base seca)

Observando a Tabela 1, verifica-se que o pH do lodo avaliado encontra-se na faixa de $7,56 \pm 1,06$, sendo com isso considerado normal para este tipo de material. O teor de C orgânico na matéria avaliada ficou em $152 \pm 15,89 \text{ g.Kg}^{-1}$ de matéria analisada. O nitrogênio está presente nos esgotos numa variedade de formas devido a seus vários estados de oxidação, e por mudar rapidamente de um estado a outro, dependendo das condições físicas e bioquímicas presentes. A amônia pode estar presente como amônia molecular, NH_3 , ou como íon amônio, NH_4 . O equilíbrio entre estas duas formas na água é fortemente dependente do pH e da temperatura (BETTIOL *et al.*, 2006). Neste trabalho, foram detectados $1.546 \pm 245,06 \text{ mg.Kg}^{-1}$ na forma de íon amônio, NH_4 e $536 \pm 123,98 \text{ mg.Kg}^{-1}$ na forma de NO_3 .

O nitrogênio é um elemento essencial para o crescimento vegetal e para os seres vivos do solo. O uso adequado do lodo deve visar a eficiente utilização do nitrogênio, com um mínimo de perdas por percolação, volatilização, desnitrificação e arraste superficial. Com a decomposição do lodo adicionado ao solo, o nitrogênio orgânico é convertido em amônio ou nitrato. Os colóides do solo podem reter o amônio, mas, o nitrato, normalmente será lixiviado para fora da zona radicular porque a capacidade dos solos em retê-lo é baixa. Por outro lado, em condições redutoras, pode ocorrer a desnitrificação, processo pelo qual o nitrogênio do nitrato

é transformado em nitrogênio gasoso. Outra questão básica é o balanço desse nitrogênio.

A matéria orgânica do lodo aplicado ao solo sofre uma mineralização, liberando nitrogênio nas formas amoniacal e nítrica, que são somados aos existentes antes da aplicação. Assim, a quantidade de lodo aplicada deve ser tal que a quantidade de nitrato ou amônio presente não exceda àquela que a planta vai usar, pois o excesso ficaria em forma facilmente lixiviável que poderia alcançar e contaminar corpos de água subterrâneos. Talvez seja esse elemento um dos mais importantes para o monitoramento nas áreas onde o lodo de esgoto é utilizado. Os teores de P total (%); S total (%); P (%); K (%) e Mg (%), foram de $8\pm 1,22$, $1,23\pm 0,45$, $1,34\pm 0,23$, $165\pm 32,78$ e $5,21\pm 1,26$, respectivamente.

É praticamente nulo o risco que o excesso de fósforo, enxofre e potássio possam apresentar para as plantas porque dificilmente é constatada toxicidade por causa deste elemento e, por outro lado, nossos solos, além de deficientes em fósforo, o retém com grande energia. Assim, a contaminação das águas subterrâneas por esse elemento é muito difícil. Entretanto, há que se ter precaução, pois o arraste do material sólido superficial por erosão levará consigo fósforo retido que, em certas situações, poderá ser liberado nos corpos de água superficiais para onde o material escorreu.

Tabela 1- Características físico-químicas do lodo de esgoto (base seca) originado da estação de tratamento de Toledo – PR – incluindo os teores de macronutrientes. Médias seguidas do desvio padrão.

Parâmetros analisados	Concentrações médias
pH	$7,56\pm 1,06$
C (g.Kg^{-1})	$152\pm 15,89$
Relação C:N (g.Kg^{-1})	10:2
N-NH ₄ (mg.Kg^{-1})	$1.546\pm 245,06$
N-NO ₃ (mg.Kg^{-1})	$536\pm 123,98$
P total (%)	$8\pm 1,22$
S total (%)	$1,23\pm 0,45$
K (%)	$1,34\pm 0,23$
Ca (%)	$165\pm 32,78$
Mg (%)	$5,21\pm 1,26$

* Fonte: Usepa, (1994)

Valores de metais pesados presentes no lodo de esgoto (base seca)

A legislação brasileira adota limites para metais pesados e ainda prevê a necessidade de respeitar os limites de acumulação de metais pesados por meio de

controle das concentrações de metais no solo. Os níveis de metais pesados detectados no lodo de esgoto da ETE da cidade de Toledo - PR podem ser observados na Tabela 2. Os valores detectados encontram em níveis aceitáveis conforme a legislação brasileira e também pelos níveis aceitáveis preconizados pelo Usepa, (1994).

Tabela 2- Valores de metais pesados presentes no lodo de esgoto (base seca) originado da estação de tratamento de Toledo – PR. Médias seguidas do desvio padrão.

Elementos	Médias obtidas*	Níveis aceitáveis*
Cd	5,05±1,07	85
Cr	68,78±12,54	3000
Cu	123,45±23,21	4300
Ni	89,76±10,67	420
Pb	143,05±24,39	840
Zn	1256,09±200,89	7500

*Fonte: (USEPA, 1994) – Em mg do poluente por kg de lodo (em bases secas).

Os metais pesados que se apresentam no lodo de esgoto têm sido objeto de muitos estudos, dado o impacto gerado por esses elementos tanto na saúde humana quanto animal e, também, não se deve esquecer da qualidade dos alimentos. Os metais pesados podem se acumular no solo por um longo tempo. O lodo apresenta em sua composição os seguintes metais: Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Pb, Sn e Zn. Destes, alguns são considerados essenciais para plantas e animais como, por exemplo, Cu, Mo e Zn, enquanto outros são tóxicos, Cd, Hg e Pb (Sanepar, 1997).

O lodo gerado no tratamento de esgoto urbano geralmente possui uma baixa concentração de metais pesados. Se o esgoto industrial, juntamente com a água das chuvas, entrarem no mesmo sistema de tratamento de esgoto, há um aumento significativo destes elementos.

A absorção de nutrientes pelas plantas e a toxicidade dos metais pesados apresenta uma grande dependência da espécie química presente. Segundo Roque (1997), a espécie iônica é aquela de maior taxa de absorção. Isso pode ser explicado pelo fato de que apenas o metal livre, por exemplo, Cd^{2+} , tem a capacidade de atravessar o plasmalema e entrar no citoplasma das células. Já os íons metálicos complexados com ligantes inorgânicos ou quelados com ligantes

orgânicos na solução do solo não podem ser absorvidos diretamente, todavia precisam ser rompidos dos ligantes por um processo de troca.

As plantas absorvem os cátions livres em solução devido ao fato das células das raízes apresentarem um potencial negativo ao longo da membrana celular favorecendo a absorção de espécies catiônicas. Já os cátions complexados apresentam menores cargas positivas ou até mesmo cargas negativas; outro fator que inibe a absorção dos metais complexados é o aumento do volume da espécie.

CONCLUSÃO

Levando em consideração aos aspectos estudados, o lodo de esgoto possui valor agrônômico podendo assim fornecer bons incrementos ao solo agrícola.

As características físico-químicas do lodo em base seca e os níveis de metais pesados encontrados podem ser um excelente indicador para a reciclagem agrícola, porém são necessários dados sobre a dinâmica destes componentes no solo aplicado

REFERÊNCIAS

- ABREU JUNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. de C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: Propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v.4, p.391 - 470, 2005.
- ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 484 p. 2001.
- ANDREOLI, C.V., TAMANIN, C.R., HOLSBACH, B., PEGORINI, E.S., NEVES, P.S. Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal. *In: Biossólidos: alternativas de uso de resíduos do saneamento*. Rio de Janeiro: Editora ABES. 398 p. 2006.
- APHA. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 20ª ed., Washington, D.C.: APHA, AWWA, WEF, 1157pp. 1998.
- BETTIOL W, FERNANDES SAP, CERRI CC. Efeito do lodo de esgoto na atividade microbiana do solo. *In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente*. p. 207-226, 2006.
- CORREIA, J.E. **Caracterização físico: química e microbiológica do lodo gerado na estação de tratamento de esgoto Contorno**. Feira de Santana, BA. 2009, 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UEFS/Engenharia Civil e Ambiental. Feira de Santana, 2009.

FIEST, L.C., ANDREOLI, C.V., MACHADO, M.A.M. Efeitos da Aplicação do Lodo de Esgoto nas Propriedades Físicas do Solo. *Sanare*. v.9, n.9, 238–245, 1998.

MAINTINGUER, S. I.; FERNANDES, B. S.; DUARTE, I. C.; SAAVEDRA, N. K.; ADORNO, M. T.; VARESCHE, M. B. Fermentative hydrogen production with xylose by *Clostridium* and *Klebsiella* species in anaerobic batch reactors. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 36, p. 13508 -13517, 2011.

MIKI, M.K., ALEM, S.P., VAN HAANDEL, A.C. Tratamento da Fase Sólida em Estações de Tratamento de Esgotos: Condicionamento, Desaguamento Mecanizado e Secagem Térmica do Lodo. In: Cleverson Andreoli. (Org.). **Usos Alternativos de Lodos de Estações de Tratamento de Água e Estações de Tratamento de Esgoto**. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, p. 49-107, 2006.

MIRANDA, A.R. **Caracterização do lodo da estação de tratamento de esgotos da cidade de Chapecó (SC) visando à reciclagem agrícola**. Chapecó. Santa Catarina, 2010, 101f. Dissertação (Especialização em Ciências Ambientais) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó. Chapecó, 2010.

PAIVA, S. N. **Compósito cimento-lodo de ETE de indústria de papel para aplicação na construção civil**. Piracicaba, 2007. 110 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

ROQUE, O.C.C. **Sistemas Alternativas de Tratamento de Esgotos Aplicáveis as Condições Brasileiras**. Rio de Janeiro, 1997. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 1997.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná: **Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná**. 96 p. 1997.

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de bio-sólidos. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALÉM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Bio-sólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, p. 133-180, 2001.

USEPA, United States Environmental Protection Agency. **Standards for the use and Disposal of Sewage Sludge**. Washington: EPA, 1994.