

VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA, ESTADO DE SÃO PAULO¹

Núria Rosa Gagliardi Quintana²
Maristela Simões do Carmo³
Wanderley José de Melo⁴

1 - INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é um resíduo do tratamento de esgotos, que se acumula nos pátios das Estações de Tratamento (ETEs), e que pode caracterizar ameaça ao ambiente, caso não se encontrem alternativas viáveis de utilização desse material (SILVA; RESCK; SHARMA, 2002).

Uma possível solução para esse contratempo seria a disposição agrícola do lodo. Esta prática torna-se vantajosa aos agricultores, na medida em que reduz os custos de produção e mantém a produtividade da lavoura (TRANNIN; SIQUEIRA; MOREIRA, 2005).

Porém, devido à possível presença de metais pesados e organismos patogênicos na sua composição, a disposição agrícola ainda é questionada do ponto de vista ambiental e econômico (ROCHA; SHIROTA, 1999), pois oferece riscos à saúde do homem e do ambiente, havendo restrições para este tipo de uso (MELO, 2002).

Contornados esses problemas, o material pode ser considerado excelente biofertilizante devido à quantidade de matéria orgânica, macro e micronutrientes nele contidos (TSUTIYA et al. apud MELO; MARQUES; MELO, 2001).

De fato, muitos autores ressaltam o benefício da aplicação do lodo no desenvolvi-

mento da vegetação, além da recuperação de solos (BEZERRA et al., 2006).

Segundo MALTA (2001), o lodo de esgoto altera as propriedades físicas do solo, melhorando sua densidade, porosidade e capacidade de retenção de água. Além disso, melhora seu nível de fertilidade, elevando o pH, diminuindo o teor de alumínio trocável, aumentando a capacidade de troca de cátions (CTC) e a capacidade de fornecer nutrientes para as plantas; e, ainda, por conter em sua constituição teores elevados de matéria orgânica e de outros nutrientes, promove o crescimento de organismos do solo, fundamentais para a ciclagem dos elementos.

MELO (2002) sugere que esse biofertilizante pode ser utilizado em substituição parcial ao fertilizante mineral, uma vez que seu uso diminuiria os elevados custos da fertilização.

Por isso, de acordo com Trannin; Siqueira; Moreira (2005), as pesquisas de avaliação agronômica para definição de taxas de aplicação, viabilidade técnica e segurança ambiental são necessárias.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi comparar economicamente, em condições experimentais, a aplicação de lodo de esgoto e fertilizantes químicos; além de calcular a dose econômica adequada de lodo de esgoto para uso agrícola, dentro das condições estudadas.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

O cultivo mínimo do milho (híbrido duplo AGROMEN 3150) foi conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Jaboticabal, Estado de São Paulo, altitude de 610 metros e 21°15'22"S e 48°15'18"W de coordenadas geográficas; durante os anos agrícolas 2000/01, 2001/02 e 2002/03, utilizando-se dois tipos de solo: Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho eutrófico (LVef).

¹Os autores agradecem à Professora Doutora Martha Maria Mischán a colaboração na análise estatística dos dados desta dissertação; aos pesquisadores Gabriel Maurício Peruca de Melo e Valéria Peruca de Melo o apoio nos trabalhos de campo. Registrado no CCTC, IE-122/2008.

²Engenheira Florestal, Mestre, Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) (e-mail: nuriarguintana@yahoo.com.br).

³Engenheira Agrônoma, Professor Adjunto do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, e Professor Colaborador da pós-graduação da FEAGRI/UNICAMP (e-mail: stella@fca.unesp.br).

⁴Engenheiro Agrônomo, Professor Titular do Departamento de Tecnologia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) (e-mail: wjmelo@fcav.unesp.br).

O experimento foi conduzido em delineamento estatístico em blocos ao acaso (DBC), parcelas subdivididas, com dois solos nas parcelas (LVd e LVef), quatro tratamentos doses nas subparcelas (T = fertilização mineral seguindo recomendações de adubação para o Estado de São Paulo; $D1$ = Aplicação de $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ de lodo de esgoto (base seca), proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, Estado de São Paulo, gerenciada pela SABESP; $D2 = 10,0 \text{ t ha}^{-1}$ e $D3 = 20,0 \text{ t ha}^{-1}$) e cinco repetições.

Nos tratamentos com lodo de esgoto houve complementação mineral de N, P e K, quando necessário.

Foram feitas aplicações de herbicida dessecante vinte dias antes da data prevista para semeadura. Em seguida, somente a camada superficial do solo (0-10 cm) sofreu gradagem leve. Após a primeira gradagem, ocorreu a distribuição do lodo de esgoto nas parcelas, incorporado através de nova operação de gradagem.

As matrizes econômicas foram montadas para cada tratamento, de acordo com o modelo de custos de produção adotado pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA).

Para os cálculos do custo de produção e rentabilidade de cada matriz foram utilizados os preços vigentes no mercado regional nos anos agrícolas correspondentes.

Como o lodo de esgoto, atualmente, é doado aos produtores com interesse na sua utilização, e o custo de transporte é de responsabilidade da ETE geradora deste resíduo, considerou-se a aquisição deste material sem custos na realização do experimento.

Com o emprego do programa Excel, foram obtidos os custos operacionais, conforme a metodologia do IEA (MATSUNAGA et al., 1976; MARTIN et al., 1998).

Nessa estrutura, os custos totais são divididos em custo operacional efetivo (COE) e custo operacional total (COT), considerando os gastos variáveis e parcelas dos gastos fixos, deixando para os prováveis resíduos positivos (receita menos custos) a remuneração de outros fatores de produção, tais como: o lucro sobre o capital empregado, a renda da terra e o trabalho gerencial do empresário.

Ao COE são acrescentadas parcelas dos custos fixos relativas à depreciação de má-

quinas e equipamentos, e juros sobre capital investido, compondo o COT.

Multiplicou-se a produtividade média de cada tratamento, em cada ano, pelo preço do milho no mercado, para o mês de abril do respectivo ano, publicado em Informações Econômicas, (TABELA, 2001; 2002; 2003) relativo ao Escritório de Desenvolvimento Rural que engloba o município de Jaboticabal (EDR de Jaboticabal).

Assim como os custos de produção, as rentabilidades foram chamadas de Efetiva e Total. A primeira consiste na diferença entre a Receita e o COE (RE), e a segunda, na diferença entre a Receita e o COT (RT).

Após a avaliação das rentabilidades econômica efetiva e total de cada tratamento na produção de milho, procedeu-se à análise estatística.

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e regressão. Para os procedimentos estatísticos utilizou-se o software SAS/STAT® (SAS, 1999).

O modelo de regressão foi o quadrático ($Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \varepsilon_{ij}$), onde Y_{ij} = rentabilidade da parcela que recebeu a dose i , no ano j , X_i = i -ésima dose do lodo de esgoto, β_0 , β_1 e β_2 = parâmetros do modelo, ε_{ij} = erro associado à parcela (ij). Foi ajustado para cada tipo de solo (Latosolo Vermelho distrófico e Latossolo Vermelho eutrófico) e para cada rentabilidade, efetiva e total. O nível de significância adotado nos testes foi de 5%.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Latossolo Vermelho distrófico (LVd), observou-se que, para o ano agrícola 2000/01, todas as rentabilidades foram negativas, em todos os tratamentos. Comportamento idêntico ocorreu no ano agrícola 2001/02, devido à elevação expressiva dos custos, em detrimento do aumento irrisório das receitas.

No ano agrícola 2002/03, modificou-se a conjuntura econômica, os preços relativos foram favoráveis ao aumento das receitas que atingiram valores máximos durante os anos analisados e, com exceção do tratamento testemunha, todos os demais atingiram lucros expressivos.

Quanto ao Latossolo Vermelho eutrófico (LVef) observou-se, para o ano agrícola 2000/01, o mesmo comportamento que o Latossolo Vermelho distrófico, com resultados econômicos negativos.

Porém, diferentemente do observado para o LVd, em que todos os tratamentos apresentaram receitas negativas no ano agrícola 2001/02, para o LVef, os tratamentos 2 e 4 atingiram RE positivas.

No ano agrícola 2002/03 ocorreu comportamento idêntico nos dois tipos de solo, sendo que, com exceção do tratamento testemunha, todos os tratamentos mostraram-se com lucratividade.

As figuras 1 e 2 expressam as médias das rentabilidades efetivas durante os anos para os solos LVd e LVef, respectivamente.

Observa-se que, embora com forte influência dos valores negativos, houve crescimento na rentabilidade efetiva com o aumento nas doses aplicadas de lodo de esgoto.

A rentabilidade total (Figuras 3 e 4) para os dois tipos de solo, em valores médios, também aponta crescimento, conforme o aumento das doses de lodo de esgoto.

As aplicações de lodo de esgoto permitiram, além do aumento na produtividade do milho, a diminuição dos custos com fertilizantes industriais.

O mesmo foi observado por Trannin; Siqueira; Moreira (2005), ao concluíram que, mesmo com a aplicação da menor dose de biossólido, houve lucro quando comparado com à adubação industrial.

Os dados de rentabilidades efetivas e totais foram transformados de modo que não existissem valores abaixo de zero na análise, uma vez que algumas das rentabilidades foram negativas. Para isso, somou-se a todos os valores uma constante igual a 78.

Os resultados do teste F, média geral, coeficiente de variação e erro padrão residual

encontram-se na tabela 1.

Nas análises foram testados os dois tipos de solos, quatro doses de lodo de esgoto e a interação entre as doses e os solos. O resultado, apontado pelo teste F, mostrou que, estatisticamente, apenas as doses aplicadas foram responsáveis pelas diferenças nas rentabilidades efetiva e total.

As médias atingidas encontram-se na tabela 2.

O teste de Tukey, aplicado às diferentes médias de doses, demonstra que houve diferença entre a testemunha e os tratamentos com lodo de esgoto, embora não haja diferença entre eles. Por se tratar de fator quantitativo (dose), procedeu-se à análise de regressão.

Pela equação $dy/dx = -0,666x + 8,984 = 0$, obteve-se que x é igual a 13,48, ou seja, para que se atinja a rentabilidade efetiva (RE) máxima, a dose econômica esperada é de aproximadamente 13,50 toneladas.

O resultado é bastante próximo à dose econômica ótima para a RT. Tem-se, então, que x é igual a 13,54, ou seja, para que se atinja a rentabilidade total máxima, a dose economicamente ótima ou ideal é de aproximadamente 13,50 toneladas.

Ressalta-se que esses resultados referem-se aos dois tipos de solo, LVd e LVef. Portanto, para que se atinjam a RE ou RT máximas, a dose econômica ótima é 13,50 toneladas de lodo de esgoto, base seca.

Trannin; Siqueira; Moreira (2005) concluíram que a equivalência em produtividade de milho à adubação industrial foi alcançada com a dose média de 10 toneladas por hectare de lodo de esgoto, valor próximo ao calculado neste trabalho.

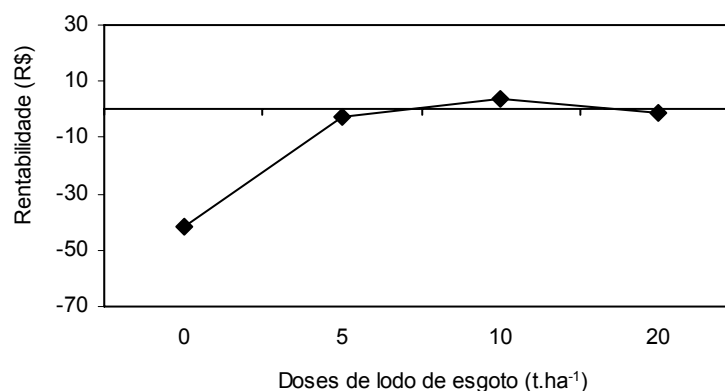


Figura 1 - Média das Rentabilidades Efetivas Calculadas no Latossolo Vermelho distrófico (LVd), Estado de São Paulo, Anos Agrícolas 2000/01 a 2002/03.

Fonte: Dados da pesquisa.

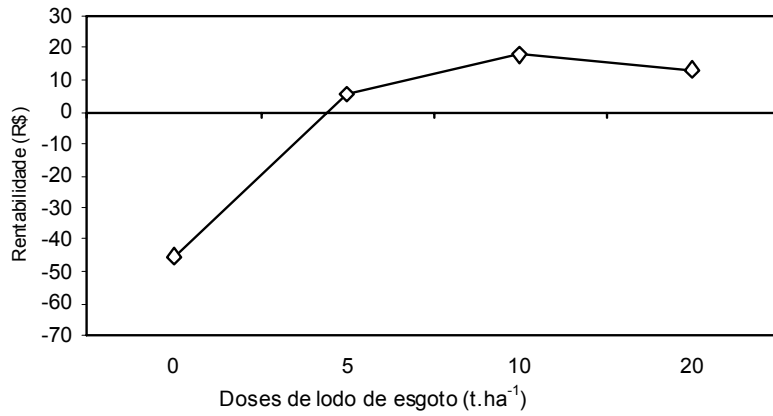


Figura 2 - Média das Rentabilidades Efetivas Calculadas no Latossolo Vermelho eutrófico (LVef), Estado de São Paulo, Anos Agrícolas 2000/01 a 2002/03.

Fonte: Dados da pesquisa.

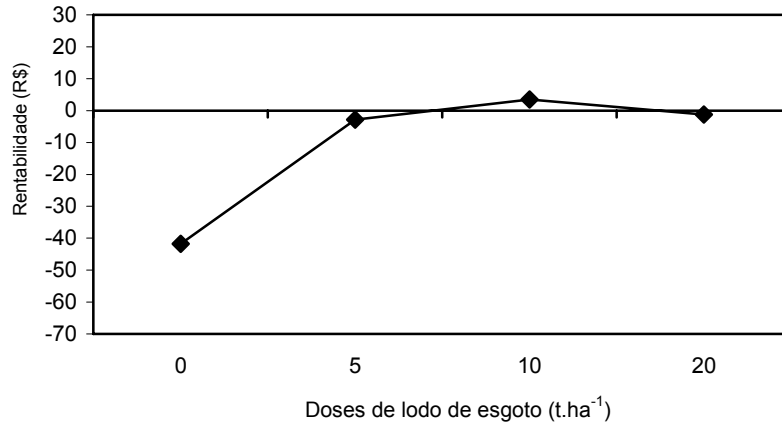


Figura 3 - Média das Rentabilidades Totais Calculadas no Latossolo Vermelho distrófico (LVd), Estado de São Paulo, Anos Agrícolas 2000/01 a 2002/03.

Fonte: Dados da pesquisa.

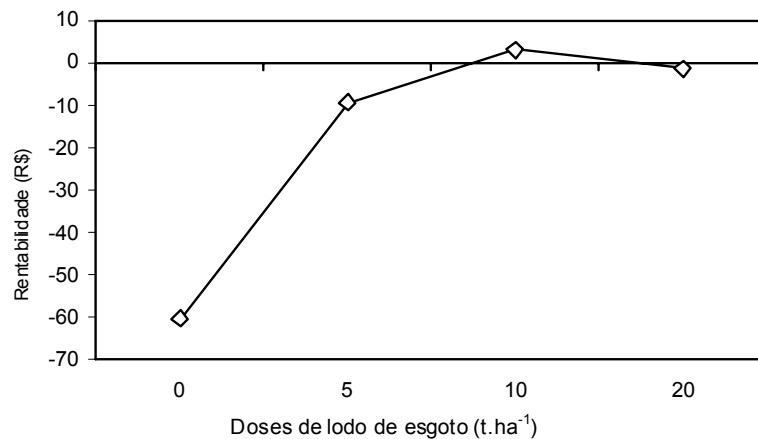


Figura 4 - Média das Rentabilidades Totais Calculadas no Latossolo Vermelho eutrófico (LVef), Estado de São Paulo, Anos Agrícolas 2000/01 a 2002/03.

Fonte: Dados da pesquisa.

TABELA 1 - Teste F, Média Geral, Coeficiente de Variação e Erro Padrão Residual para as Rentabilidades Efetiva e Total

Rentabilidade	Coeficiente de variação (%)	Média geral	Erro padrão residual	Teste F		
				Solos	Doses	D x S
Efetiva	18,7	71,62	13,40	2,32	21,00 ¹	0,60
Total	23,6	56,92	13,44	2,22	20,89 ¹	0,61

¹Estatisticamente, apenas as doses aplicadas foram responsáveis pelas diferenças nas rentabilidades efetiva e total.

Fonte: Dados da pesquisa.

TABELA 2 - Médias¹ das Rentabilidades, Efetiva e Total

Tratamentos	Rentabilidade efetiva	Rentabilidade total
Dose 0	34,480 B	19,763 B
Dose 5	79,345 A	64,485 A
Dose 10	88,750 A	73,890 A
Dose 20	83,922 A	69,552 A

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

4 - CONCLUSÕES

A adubação com lodo de esgoto proporcionou maior rentabilidade, quando comparada à fertilização com adubo industrial.

As aplicações de lodo de esgoto permitiram aumentos na produtividade do milho e diminuição dos custos com fertilizantes industriais.

Estatisticamente o tipo de solo não interferiu nas rentabilidades efetiva e total, ficando

apenas as doses aplicadas responsáveis pelas diferenças encontradas.

A dose economicamente adequada, calculada dentro das estudadas, foi de 13,50 toneladas (base seca) por hectare nos dois tipos de solo, tanto para a rentabilidade efetiva como para a total. Cabe reforçar que a dosagem ótima econômica, no caso a mais adequada, é sempre um bom indicador para a tomada de decisão do agricultor.

LITERATURA CITADA

BEZERRA, F. B. et al. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 469-476, mar. 2006.

MALTA, T. S. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura**: estudo do caso do município de Rio das Ostras - RJ. 2001. 68 p. Dissertação (Mestrado) - Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2001.

MARTIN, N. B. et al. Sistema Integrado de Custos Agropecuários - CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 7-28, jan. 1998.

MATSUNAGA, M. et al. Metodologia do custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, t. 1, p. 123-139, 1976.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do bio-sólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M. T. et al. (Ed.). **Bio-sólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p. 289-363.

MELO, V. P. de. **Propriedades químicas e disponibilidade de metais pesados para a cultura do milho em dois latossolos que receberam a adição de bio-sólido**. 2002. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

ROCHA, M. T.; SHIROTA, R. Disposição final de lodo de esgoto. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau (SC), v. 1, n. 3, p. 1-24, set./dez. 1999.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. I - Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em latossolo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa (MG), v. 26, p. 487-495, 2002.

TABELA de Preços Médios Pagos pela Agricultura, Cidade de São Paulo, Setembro a Dezembro de 2000; 2001 e 2002. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 1, jan. 2001.

_____. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 32, n. 1, jan. 2002.

_____. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 33, n. 1, jan. 2003.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Avaliação agrônômica de um biossólido industrial para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 261-269, mar. 2005.

SAS INSTITUTE INC. - SAS. **SAS/STAT® Software**. 1999. Disponível em: <<http://www.sas.com/>>. Acesso em: 2008.

VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA, ESTADO DE SÃO PAULO

RESUMO: *Calculou-se a dose econômica de lodo de esgoto da ETE/Barueri empregada na cultura do milho. O experimento foi conduzido em Latossolos Vermelhos distrófico e eutroférico durante três anos, com cultivo mínimo. Testaram-se quatro tratamentos nos 2 tipos de solos. Os dados foram comparados por análise de variância, complementada por teste de Tukey e regressão quadrática. A rentabilidade diferiu para as doses de lodo de esgoto, com diferença estatística entre testemunha e demais tratamentos, embora sem diferença entre os últimos. A análise de regressão indicou que nos dois tipos de solo, para qualquer rentabilidade, a dose economicamente adequada foi de 13,50 t.ha⁻¹ de lodo de esgoto, nas condições estudadas.*

Palavras-chave: biossólido, análise econômica, rentabilidade.

ECONOMIC VIABILITY OF SEWAGE SLUDGE USE IN AGRICULTURE, SAO PAULO STATE

ABSTRACT: *This work calculated the economically feasible dose of sewage sludge from the Barueri treatment station applied to corn crop. The experiment was performed on Typic Haplorthox and Typic Eutrorthox, for about three years, with minimum soil preparation. Four treatments took place for both kinds of soil. Data were evaluated by ANOVA and post hoc compared by Tukey's test and followed by a quadratic regression. The yield was different for sewage sludge doses, exhibiting a statistical difference among control treatment and others, even though no difference was observed among the latter ones. The regression analysis indicated that in both kinds of soil, at any yield level, the suitable dose is 13.50 tha⁻¹ of sewage sludge, under the conditions studied.*

Key-words: biosolid, economic evaluation, yield.

Recebido em 11/12/2008. Liberado para publicação em 08/05/2009.