

# 1

## **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto: Descrição do Estudo**

*Wagner Bettiol; Otávio Antonio de Camargo;  
José Abrahão Haddad Galvão e Raquel Ghini*

### **Introdução**

O desconhecimento dos efeitos do lodo de esgoto na comunidade de organismos, na dinâmica de carbono e nitrogênio, nas propriedades físicas e químicas, no comportamento dos metais pesados, dos compostos orgânicos persistentes e dos patógenos humanos nos solos tropicais é o principal problema relacionado com a sua utilização agrícola. Sabendo-se que a aplicação do lodo de esgoto causa alterações nesses compartimentos, há necessidade de identificá-las para verificar se não serão deletérias para os agroecossistemas, para os organismos, para o desenvolvimento das culturas e para o ambiente, contaminando o solo, o ar e a água. Como nas condições de solos tropicais praticamente não existem trabalhos que avaliem o efeito do lodo de esgoto na agricultura e seus impactos ambientais nos agroecossistemas é fundamental que tais estudos sejam realizados.

Nas discussões sobre a disposição do lodo de esgoto em solos, os efeitos sobre o ambiente e saúde pública vêm se destacando no cenário internacional. No Brasil, além desses aspectos, as discussões para o estabelecimento de normas vêm ocorrendo em todo o território nacional e envolvendo diversos grupos da sociedade. Dessa forma, há necessidade de ampliar os conhecimentos sobre os efeitos ambientais do uso do lodo de esgoto, em longo prazo, nas condições tropicais, sendo esse justamente o objetivo do presente estudo.

O projeto, denominado “Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto”, desenvolvido na Embrapa Meio Ambiente, conta com a participação das seguintes entidades: Embrapa Meio Ambiente, Embrapa

Solos, Instituto Agronômico de Campinas, Instituto Biológico do Estado de São Paulo, Universidade Federal de Lavras, Universidade Federal do Paraná, Universidade Estadual Paulista, ESALQ/USP, CENA/USP, SABESP e outras.

## Objetivos

O projeto tem como objetivo geral obter informações sobre os efeitos do uso agrícola do lodo de esgoto sobre componentes do agroecossistema.

Os objetivos específicos são:

1. Avaliar, no tempo, o efeito da composição química, da taxa e da frequência de aplicação de lodo de esgoto sobre os teores, a evolução das formas químicas e mobilidade dos metais pesados no solo, ao longo do tempo;
2. Avaliar o efeito da aplicação de lodo de esgoto na absorção de metais pesados pelo milho;
3. Comparar a capacidade de diferentes métodos de extração em prever a disponibilidade de metais pesados, a fim de selecionar o mais adequado;
4. Avaliar o efeito da adição de lodo de esgoto na lixiviação de nitrato no perfil do solo;
5. Avaliar a mineralização do nitrogênio, a decomposição de carbono orgânico e a biomassa microbiana pela adição de lodo de esgoto no solo;
6. Avaliar a disponibilidade de fósforo para plantas de milho cultivadas em solo tratado com lodo de esgoto;
7. Avaliar os efeitos do lodo de esgoto no pH e na condutividade elétrica do solo;
8. Avaliar a estrutura do solo quanto à estabilidade, qualidade de agregados e resistência à degradação, sob diferentes tratamentos com lodo de esgoto;
9. Avaliar o efeito da aplicação do lodo de esgoto sobre as comunidades de organismos do solo com funções determinantes para o funcionamento dos agroecossistemas, mais especificamente sobre a atividade microbiana e comunidade de insetos;

10. Avaliar os efeitos do lodo de esgoto na incidência e severidade de doenças e pragas.

## Hipótese Científica

O lodo de esgoto causará alterações na comunidade de organismo do solo, nos teores de metais pesados, na mineralização do C e N, na fitodisponibilidade de fósforo e nas propriedades físicas e químicas, sendo que adição contínua de lodo de esgoto poderá causar alterações sobre os componentes do agroecossistema e contaminação do solo, da água e do ar.

## Material e Métodos

A metodologia aqui descrita é fundamental para o entendimento de grande parte dos capítulos deste livro, pois quase todos os estudos foram desenvolvidos nessa área experimental, sendo que aqueles estudos desenvolvidos em outras áreas foram descritos detalhadamente em cada capítulo. Também são descritas detalhadamente em cada capítulo as metodologias específicas.

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Meio Ambiente, localizado em Jaguariúna (SP), latitude 22°41' sul, longitude 47° W. Gr. e altitude de 570 m, em Latossolo Vermelho Distroférico (textura argilosa), cujas características físicas e químicas na camada de 0-20 cm, antes do início do estudo foram as seguintes: pH em água = 5,8; MO = 25,5 g kg<sup>-1</sup>; P = 3,5 mg dm<sup>-3</sup>; K = 1,51; Ca = 27,5; Mg = 8,5; Al = 1; H = 35; CTC = 73,5 mmolc dm<sup>-3</sup>; V% = 50,8; e argila = 450 g kg<sup>-1</sup>.

Os lodos de esgotos foram obtidos nas Estações de Tratamento de Esgoto de Barueri, SP, que trata esgotos domiciliar e industrial (Lodo de

## Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais da Agricultura

Barueri – LB) e de Franca, SP, que trata esgoto essencialmente domiciliar (Lodo de Franca – LF). As principais características desses lodos são apresentadas na Tabela 1 e foram determinadas de acordo com EPA SW-846-3051 (EPA, 1986).

Os tratamentos estudados, para cada lodo, foram: testemunha absoluta; fertilização mineral (NPK) recomendada para a cultura (Raij et al., 1996); lodo de esgoto com base na concentração de nitrogênio para fornecer a mesma quantidade de N da fertilização mineral; e duas, quatro e oito vezes a dose de lodo de esgoto recomendada. Os cálculos das doses de lodo foram realizados em função do nitrogênio disponível para as plantas, considerando como sendo 30% a taxa de mineralização do nitrogênio (CETESB, 1999). Para os tratamentos com lodo de esgoto, quando necessária, foi realizada complementação com potássio, conforme o teor deste no lodo e da quantidade total aplicada em cada tratamento. Na Tabela 2 encontram-se as quantidades de lodo e de fertilizantes aplicadas em cada tratamento, durante quatro safras de milho. Os lodos foram distribuídos a lanço, na área total das parcelas experimentais, e incorporados a 20 cm de profundidade com auxílio de enxada rotativa, três a quatro dias antes da semeadura.

Os estudos, cujos resultados são apresentados nos capítulos posteriores, foram conduzidos por três a cinco anos, sendo que no primeiro foi cultivado o milho variedade CATI AL 30, com semeadura realizada em 05/04/1999; no segundo foi cultivado o híbrido AG1043, com semeadura em 13/12/1999 e no terceiro, quarto e quinto com o híbrido Savana 133S, com semeadura em 30/10/2000, 05/11/2001 e 22/11/2002, respectivamente. Um mês antes da aplicação do lodo para o terceiro cultivo foi realizada uma correção do pH, em cada parcela, individualmente, para pH 5,7; tendo como base curvas de neutralização do solo. Para todos os cultivos, os tratamentos culturais foram os padrões utilizados na cultura, sem irrigação. No final de cada safra foram retirados os restos culturais das parcelas.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com três repetições. Cada parcela apresenta dimensão de 10 x 20 m, com 12 linhas cada. As parcelas foram separadas por bordaduras, de, pelo menos, 5 m de cada lado, com braquiária mantida roçada.

**Tabela 1.** Características químicas dos lodos de esgotos das Estações de Tratamento de Esgoto de Franca (LF) e de Barueri (LB), localizadas no estado de São Paulo, utilizados em cinco cultivos de milho.

Atributo*	Primeiro plantio		Segundo plantio		Terceiro plantio		Quarto plantio		Quinto plantio	
	LB	LF	LB	LF	LB	LF	LB	LF	LB	LF
Unidade <sup>(1)</sup>										
Arsênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,01	<0,01	<0,1	<0,1
Alumínio	28.781	32.564	25300	33500	23.283	23.317	11959	18189	14230,7	21672,2
Cádmio	12,8	3,32	9,5	2,0	9,4	2,05	16,2	1,14	14,0	0,6
Chumbo	364,4	199,6	233	118	348,9	140,5	137,9	78,6	148,7	43,0
Cobre	1058	239,8	1046	359	953,0	240,9	682,8	187,1	867,8	196,0
Cromo total	823,8	633,8	1071	1325	1297,2	1230,3	609,3	202,0	639,6	182,4
Ferro	54.181	33.793	32500	31700	37.990	24.176	39058	39895	32100	64900
Mercurio	<0,01	<0,01	<1	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,1
Molibdênio	<0,01	<0,01	<1	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,1
Níquel	518,4	54,7	483	74	605,8	72,4	331,3	63,9	270,0	49,5
Selênio	<0,01	<0,01	<1	<1	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,1	<0,1
Zinco	2821	1230	3335	1590	3372	1198	2327,9	773,0	3330,0	890,6
Boro	36,2	40,7	11,2	7,1	29,3	19,7	10,7	10,4	17,6	13,6
Carbono orgânico	248,2	305,1	271	374	292,9	382,4	354,2	370,9	534,4	475,4
pH	6,6	6,3	6,4	6,4	6,4	5,4	8,5	8,9	8,0	8,3
Umidade**	66,4	83	80,2	82,4	71,2	82,7	79,5	74,6	78,8	78,5
Sólidos Voláteis	43,0	60,5	-	-	56,8	72,5	62,6	67,0	59,6	58,65
N Total**	21	56,4	49,7	67,5	42,1	68,2	50,8	49,7	79,7	57,7
Fósforo	15,9	16,0	31,2	21,3	26,9	12,9	17,7	13,8	17,9	27,3
Potássio	1,0	1,0	1,97	0,99	1,0	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0
Sódio	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,9	0,5	0,5	0,9	0,4
Enxofre	13,4	16,3	10,8	13,3	17,1	15,7	11,7	9,3	14,5	10,1
Cálcio	40,3	29,2	22,8	16,8	47,8	24,8	20,1	13,3	19,4	11,5
Magnésio	3,0	2,2	3,7	2,5	4,5	2,2	3,7	2,7	3,8	5,0
Manganês	429,5	349,3	335	267	418,9	232,5	277,5	439,8	246,9	712,9

<sup>(1)</sup> Valores apresentados em base de matéria seca. <sup>(2)</sup> Determinado de acordo com EPA SW-846-3051 (1986), no IAC (Campinas, São Paulo).

<sup>(\*\*)</sup> Valores do N total e umidade foram determinados na amostra sob condição original, na Embrapa Meio Ambiente.

**Tabela 2.** Quantidades de lodo de esgoto e de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicados via fertilizantes minerais nos cinco cultivos de milho

	Lodo de esgoto (kg ha <sup>-1</sup> - base seca)					N plantio + N cobertura (kg ha <sup>-1</sup> )					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )					K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )					
	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°	
Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NPK	-	-	-	-	-	16+34	18+72	18+82	20+70	20+80	80	90	90	70	70	64	72	72	56	70	-
F1N	3014	3504	3766	4432	4300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	33	58	96	63	-
F2N	6028	7008	7533	8863	8700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	29	45	90	54	-
F4N	12057	14017	15065	17726	17400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	23	18	75	36	-
F8N	24113	26033	30131	35452	34800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	42	3	-
Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NPK	-	-	-	-	-	16+34	18+72	18+82	20+70	-	80	90	90	70	70	64	72	72	56	72	-
B1N	8095	3995	5315	5295	3200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	28	40	87	57	-
B2N	16190	7991	10631	10591	6500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	8	69	45	-
B4N	32381	15981	21262	21182	12900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	33	21	-
B8N	64762	31962	42524	42363	25800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

F = lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto(ETE) de Franca, SP. B = lodo de esgoto da ETE Barueri, SP. Test = testemunha; NPK = adubação mineral recomendada; F1N, F2N, F4N e F8N = doses do lodo de Franca necessárias para fornecer uma, duas, quatro e oito vezes a quantidade de N da adubação mineral; B1N, B2N, B4N e B8N = doses do lodo de Barueri necessárias para fornecer uma, duas, quatro e oito vezes a quantidade de N da adubação mineral.

## Referências

CETESB. **Aplicação de biossólidos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas - Critérios para projeto e operação (P4230)**. São Paulo: CETESB, 1999.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo: Fundação IAC, 1996.