

Fertilidade de solo e nutrição de plantas

## USO DO BIOSSÓLIDO NA CULTURA DO MAMOEIRO

**Aureliano Nogueira da Costa<sup>1</sup>**, Adelaide de Fátima Santana da Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agr., D. Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira, 29052-010, Vitória-ES. <sup>2</sup>Eng<sup>a</sup>. Agr.<sup>a</sup>, D. Sc. Fitotecnia, Pesquisadora do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira, 29052-010, Vitória-ES.

### INTRODUÇÃO

O conceito moderno de saneamento ambiental incorpora os princípios do desenvolvimento sustentável e considera o lodo proveniente das estações de tratamento de esgoto (ETE) como um insumo potencial e não como um simples resíduo para disposição, fazendo parte desse novo enfoque a denominação de bio sólido para lodo de ETE que se encontra em condições de ser utilizado na agricultura, como fonte de matéria orgânica e de nutrientes.

A geração de resíduos orgânicos oriundos das estações de tratamento de esgoto é um problema que vem aumentando, anualmente, em nível mundial destacando a importância de pesquisas para a disposição e reciclagem dos resíduos. O conhecimento da dinâmica da matéria orgânica, presente ou adicionada ao solo, tem sido o enfoque prioritário em razão da possibilidade de reaproveitamento dos resíduos urbanos (SELBACH; CAMARGO, 2000).

O lodo de estações de tratamento de esgotos é um dos principais resíduos sólidos que vem sendo pesquisado no sentido de obter um produto diferenciado que vem sendo denominado de bio sólido. A aplicação no solo é uma tendência mundial utilizada em muitos países como fonte de nutrientes, principalmente, nitrogênio e fósforo, e como fonte de matéria orgânica, com efeitos benéficos ao crescimento e desenvolvimento das culturas (EPA, 1995; BERTON et al., 1997; MARCIANO, 1999), sendo ainda de uso restrito no Brasil.

A reciclagem agrícola do lodo de esgoto é uma prática que vem sendo adotada, dentro de certos critérios de segurança, em razão de técnicas de aplicação que visem garantir a saúde dos seres humanos e que evitem danos ao meio ambiente (EPA, 1995; FERNANDES; ANDRAUS; ANDREOLI, 1996; ANDREOLI et al., 1997; COSTA, 2001), sendo um insumo de baixo custo.

A taxa de acumulação média de lodo em lagoas de estabilização não mecanizadas em operação no Estado do Espírito Santo é de, aproximadamente, 6,5 cm ano<sup>-1</sup> ou 0,025 l hab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (GONÇALVES et al., 1997). Na Europa, a geração de lodo nas ETE foi estimada em 82 g dia<sup>-1</sup> de sólidos secos *per capita* (VINCENT; CRITCHLEY, 1984) e nos Estados Unidos, a produção anual é de 5,4 milhões de toneladas de matéria seca, deste total, 33 %

é aplicado ao solo, sendo 67 % desse percentual aplicado em terras agriculturáveis (EPA, 1995).

A destinação final do lodo é um problema que precisa ser abordado sob o ponto de vista técnico, econômico, sanitário e agrícola, por se tratar de um resíduo rico em matéria orgânica e nutrientes. A disposição final em áreas agricultáveis é ainda considerada problemática em função da escassez de informações com relação à capacidade de suporte do solo. Desse modo, a aplicação do lodo de ETE em áreas cultivadas com fruteiras tropicais, como a cultura do mamoeiro, deve ser avaliada de forma criteriosa sendo fundamental o conhecimento do impacto causado no meio ambiente pela sua utilização, bem como o desenvolvimento de tecnologias que permitam a inserção do lodo nos sistemas agrícolas adequados a seu uso (COSTA, 2001).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Incaper, localizada no Município de Sooretama, região Norte Capixaba. A região é classificada, segundo Köppen, como tropical chuvosa e clima de bosque (Am). O solo é classificado como Argissolo Amarelo distrófico.

A área selecionada para o cultivo do mamoeiro do grupo solo foi preparada seguindo-se as recomendações gerais para a cultura, com uma aração seguida de uma gradagem. A abertura do sulco foi feita com sulcador mecânico com 50 cm de largura e 40 cm de profundidade, para distribuição da matéria orgânica.

O sistema de plantio utilizado foi em fileiras simples, no espaçamento de 1,80 m entre plantas por 3,60 m entre fileiras e o plantio foi realizado com três mudas por cova, para garantir a seleção da planta hermafrodita na sexagem. Foram eliminadas as plantas femininas, deixando-se apenas uma planta hermafrodita por cova.

O lodo utilizado foi higienizado com cal virgem em 50% volume/volume, e a aplicação no campo foi realizada de acordo com os 9 tratamentos com as diferentes quantidades de lodo e outras fontes de matéria orgânica.

A matéria orgânica utilizada no tratamento 1 foi o esterco de boi com o cálculo realizado com base na aplicação de 54 g de nitrogênio por planta. Nos tratamentos de 2 a 7, utilizou-se doses crescentes de lodo, enquanto que no tratamento 8 a fonte utilizada foi um formulado comercial que contém uma proporção de N semelhante a do tratamento 1. O tratamento 9 foi a testemunha sem aplicação de lodo. As doses de N equivalentes para cada tratamento com o uso do lodo de ETE sem higienização e higienizado com cal virgem na cultura do mamoeiro no Estado do Espírito Santo são apresentados no Quadro 1.

Trat.	Nitrogênio	Esterco	Lodo com cal	Químico*
	g		Kg.cova <sup>-1</sup>	
1	54	5	–	–
2	54	–	23	–
3	80	–	34	–
4	108	–	45	–
5	135	–	57	–
6	160	–	68	–
7	187	–	80	–
8	54	–	–	0,25
9	0	–	–	–

QUADRO 1- Composição dos tratamentos com o uso do lodo no cultivo do mamoeiro

#### DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 9 tratamentos em 3 repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas diferentes doses de matéria orgânica nas parcelas experimentais formadas por 4 plantas úteis em 3 repetições com 4 plantas de bordadura entre os tratamentos.

A recomendação de matéria orgânica para o mamoeiro é feita com base no teor de matéria orgânica do solo, variando de 5 a 16 kg/cova, ou 8,5 a 25,5 toneladas de esterco/ha para uma densidade 1700 plantas. ha<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DO LODO

O lodo foi caracterizado microbiologicamente quanto à densidade de bactérias do grupo coliformes fecais e contagem, identificação e viabilidade dos ovos de helmintos, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 - Caracterização microbiológica do lodo de esgoto da ETE de Eldorado, município da Serra-ES

	Coliformes fecais	Ovos de helmintos	Ovos viáveis
	NMP / 100g	Ovos / gMS	%
Lodo	2,7 x 10 <sup>3</sup>	89,8	1,2

### ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DO LODO DE ESGOTO NO SOLO

A análise microbiológica do solo com o uso de lodo de esgoto foi realizada nas amostras coletadas na projeção da copa do mamoeiro, para avaliar a densidade de bactérias do grupo coliformes fecais e os aspectos parasitológicos através da contagem e identificação de ovos e larvas de helmintos e sua viabilidade, três meses após o plantio,

ocasião em que as plantas entraram em início de florescimento. Os resultados da colimetria do experimento que utilizou o lodo sem higienização estão expressos na Tabela 2.

TABELA 2 - Caracterização microbiológica do solo

	<b>Coliformes fecais</b>	<b>Ovos de helmintos</b>	<b>Ovos viáveis</b>
	NMP / 100g	Ovos / gMS	%
Solo	< 2,0	ND*	ND

\* ND = não detectado

### CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LODO

A caracterização físico-química do lodo da lagoa anaeróbia de Eldorado foi realizada para a percentagem de sólidos totais; Sólidos voláteis; pH; NTK (mg/g) em peso seco e fósforo total (P) em mg/g em peso seco. Os resultados são mostrados na Tabela 3. As características operacionais da lagoa anaeróbia de Eldorado com início de operação em 1983, com elevado tempo de residência do lodo na lagoa equivalente a 16 anos, contribuiu para o avançado estágio de mineralização, onde os teores de sólidos voláteis foram superiores a 35%ST e sólidos totais superiores a 9%.

TABELA 3 - Características físico-químicas, para amostras compostas, do lodo da lagoa anaeróbia de Eldorado, Serra-ES

Amostra	Sólidos		pH	NTK	P Total (Peso seco)
	Totais	Voláteis			
	%	% ST		-----mg g <sup>-1</sup> -----	
ETE Eldorado	18,3	37,2	7,5	19,0	2,0

Os resultados para os teores médios de metais pesados encontrados no lodo da lagoa anaeróbia de Eldorado são mostrados no Quadro 2, sendo as concentrações de metais pesados no lodo da lagoa de Eldorado consideradas abaixo das normas europeias e americanas.

Cu	Co	Cr	Ni	Cd	Pb	Mn	Zn	Fe
----- mg kg <sup>-1</sup> -----								
88,5	8,5	34,5	24,5	1	73	133,5	584	36,85

QUADRO 2- Resultados para os teores médios de metais pesados, no lodo da lagoa anaeróbia de Eldorado, Serra-ES

Os resultados das análises químicas do lodo bruto e do lodo higienizado com cal, indicam que a adição de cal de virgem promoveu uma redução nos teores de Nitrogênio(N)

e Fósforo(P), ocasionado pelo aumento de volume devido a adição da cal no lodo, promovendo a diluição. Outro fator que contribuiu, provavelmente, para a redução do N, foi a sua perda por volatilização ocasionada pela elevação da temperatura promovida pela adição de cal virgem. A cal virgem proporcionou o aumento do teor de Cálcio no lodo higienizado por esse processo (Quadro 3).

<b>Nutrientes</b>	<b>Lodo higienizado com cal virgem</b>
	<b>g.Kg<sup>-1</sup></b>
N	13,3
P	3,5
K	0,6
Ca	36,5
Mg	2,1
S	5,4
	<b>mg.Kg<sup>-1</sup></b>
Fe	22650
Zn	525
Cu	160
Mn	325

QUADRO 3- Resultados da análise química do lodo higienizado com cal virgem, no cultivo do mamoeiro

Os teores de matéria orgânica, pH, CTC e Al trocável no solo com aplicação do lodo de ETE higienizado com cal virgem são mostrados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente, para três e nove meses após o plantio. Verifica-se que, de maneira geral, ocorreu um aumento nos teores de matéria orgânica no início do cultivo, ou seja, com três meses após o plantio.

As doses de lodo higienizado com cal virgem, utilizadas foram baseadas no teor de N no lodo que foi de 1,33% com 79% de umidade.

A adição da cal no lodo elevou o pH para 12,2 por ocasião do processo de higienização com cal virgem, valor esse que limita a atividade microbiana. Após esse período, três meses pós-plantio, verificou-se que os valores de pH reduziram para valores próximos de 7,0 (Tabela 4) e essa redução foi maior aos nove meses, atingindo valores próximos a 5,5, ou seja, valores de pH semelhantes aos valores observados antes do cultivo (pH=5,9) (Tabela 5). O efeito do uso do lodo higienizado com cal tem seu diferencial em razão do pH, na saturação de bases (V) e no Al trocável. Com a elevação do pH, a mineralização da matéria orgânica foi mais lenta, contribuindo, desse modo, para a manutenção da matéria orgânica no solo.

TABELA 4- Teores de matéria orgânica, pH, CTC e Al trocável para os tratamentos com o uso de lodo de ETE higienizado com cal virgem no cultivo do mamoeiro, três meses após o plantio

Tratamentos	Matéria Orgânica	pH	Saturação de Bases (V)	CTC	Al trocável
	%		%	---- cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> ----	
Antes do cultivo	0,8	5,9	53	4,0	0,0
1	2,3	6,0	77	14,7	0,0
2	2,1	6,9	92	17,6	0,0
3	2,4	7,3	91	16,5	0,0
4	2,3	7,1	90	17,5	0,0
5	2,3	7,3	91	17,0	0,0
6	2,2	7,3	91	16,0	0,0
7	2,5	7,5	94	19,5	0,0
8	1,3	6,0	76	13,1	0,0
9	1,1	6,1	75	10,2	0,0

TABELA 5- Teores de matéria orgânica, pH, CTC e Al trocável para os tratamentos com o uso de lodo de ETE higienizado com cal virgem no cultivo do mamoeiro, nove meses após o plantio

Tratamentos	Matéria Orgânica	pH	Saturação de Bases (V)	CTC	Al trocável
	%		%	----- cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> -----	
Antes do cultivo	0,8	5,9	53	4,0	0,0
1	1,5	5,1	56	8,1	0,0
2	1,2	5,0	51	6,9	0,0
3	1,3	5,2	56	6,7	0,0
4	1,5	5,5	61	7,2	0,0
5	1,2	5,5	59	6,9	0,0
6	1,1	5,4	51	5,8	0,0
7	1,1	6,0	62	6,4	0,0
8	1,0	5,0	43	5,9	0,0
9	1,1	5,1	52	6,8	0,0

O aumento da produção do mamoeiro em função das doses crescentes de lodo higienizado com cal virgem, são apresentados na Figura 1.

O modelo de regressão que melhor se ajustou para a estimativa da produção do mamoeiro em função da dose de lodo, sem higienização, foi a Equação 4, com um coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) de 0,92.

Equação 1 :  $Produção = 34,7513 + 1,3669 Dose^{0.5**}$   $R^2 = 0,92$

\*\* significativo a 1 % de probabilidade

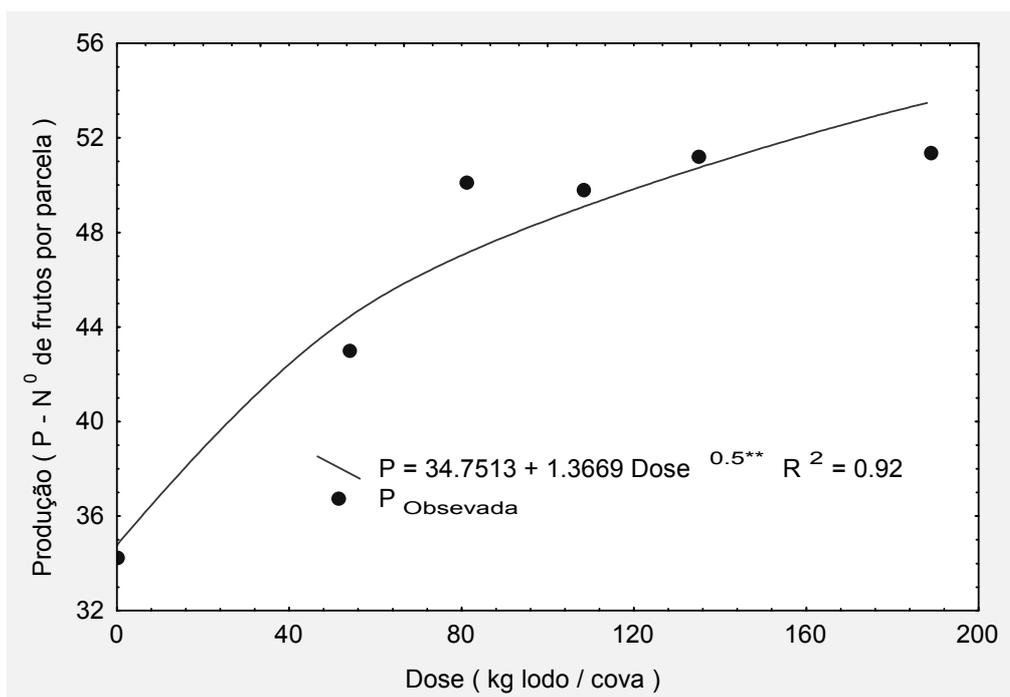


FIGURA 1- Representação gráfica do modelo de regressão para a produção do mamoeiro em função da dose de lodo, higienizado com cal virgem

O modelo observado para a produção em função da dose de lodo de ETE permite a estimativa das dosagens do lodo de esgoto para disposição final na cultura do mamoeiro.

A pesquisa com a utilização do lodo de ETEs no mamoeiro, é uma abordagem inédita, principalmente por se tratar de uma cultura comercial de grande expressão no Estado do Espírito Santo, e que está sendo cultivada em solos de tabuleiros que são, na sua maioria arenosos, com baixos teores de matéria orgânica e pobres em nutrientes, destacando-se, desse modo, a importância da incorporação de matéria orgânica nesse sistema de cultivo.

O estudo da viabilidade técnica do uso de lodo de esgoto, juntamente com o monitoramento das alterações ocasionadas pelo uso do lodo comprova, cientificamente, os efeitos do lodo no sistema agrícola, resultados esses, fundamentais para a recomendação e disposição final do lodo na agricultura.

## CONCLUSÕES

A disposição do lodo de esgoto promoveu um aumento na produção de frutos por planta passando de 34,7 t.ha<sup>-1</sup> para 51 t.ha<sup>-1</sup>.

A equação de regressão que melhor se ajustou ao modelo foi o apresentado na equação em que a Produção = 34,7513 + 1,3669 Dose<sup>0.5\*\*</sup> R<sup>2</sup> = 0,92\*\* significativo a 1 % de probabilidade.

O teor de matéria orgânica do solo aumentou com a dosagem do lodo aos três meses pós-plantio.

A decomposição da matéria orgânica do lodo de ETE apresentou-se estável aos nove meses pós-plantio quando os valores observados foram inferiores aos teores aos três meses.

O comportamento do mamoeiro foi normal para os tratamentos 5, 6 e 7, respectivamente, para as quantidades de lodo de 40, 48 e 56 Kg.cova<sup>-1</sup>, destacando o potencial do uso do lodo como fonte de matéria orgânica.

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C.V; DOMASZK, S; FERNANDES, F.; LARA, A.I. Proposta preliminar de regulamentação para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto no Paraná. **Sanare**, Curitiba, v .7, n.7, 1997.

BERTON, R.S. et al. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO<sub>3</sub> na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 685-691, 1997.

COSTA, A. N. da et al. Estudo de caso- Utilização de lodo de estações de tratamento de esgoto (ETEs) na cultura do mamoeiro no norte do estado do Espírito Santo.. In: ANDREOLI, C.V. (Coord.) **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001. p. 189-214.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Process Design Manual: Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage**. Cincinnati-Ohio. EPA/625/R-95/001, 1995.

FERNANDES, F.; ANDREOLI, C.V.; DOMASZAK, S.C. Caracterização preliminar dos principais tipos de lodo do Paraná para um programa de reciclagem agrícola. **Sanare**, Curitiba. v. 6, n. 6, p. 15-21, 1996.

GONÇALVES, R.F et al. Lodo de lagoas de estabilização em operação no Espírito Santo: Formação e Características. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1997. p. 427-437.

MARCIANO, C.R. **Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho Amarelo**. 1999. 93 f. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SELBACH, P.A., CAMARGO, F.A.O. Resíduos orgânicos: fontes de nutrientes e contaminantes. In: FERTIBIO 2000, Santa Maria. **Anais...**, Santa Maria. 2000 CD-rom.

VINCENT, A.J.; CRITCHLEY, R.F. A review of sewage sludge treatment and disposal in Europe. In: Bruce, A. (ed.) **Sewage Sludge Stabilization and Disinfection**. Chichester U.K., 1984. p. 550-580.