

Lodo de Estação de Tratamento de Esgoto como Insumo para Produção Agrícola



ISSN 1678-2518

Outubro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 263

Lodo de Estação de Tratamento de Esgoto como Insumo para Produção Agrícola

Sérgio Delmar dos Anjos e Silva
Mariana Teixeira da Silva
Eberson Diedrich Eicholz
Cândida Raquel Scherrer Montero
Pedro José Sanches Filho
Edenara De Marco

Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78

Caixa postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas/RS

Fone: (53) 3275-8100

www.embrapa.br/clima-temperado

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Embrapa Clima Temperado

Presidente: *Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-Presidente: *Enio Egon Sosinski Junior*

Secretária: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros: *Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando Jackson, Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto: *Sabrina D'Ávila (estagiária); Bárbara C. Cosenza (supervisão)*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica: *Fernando Jackson*

Foto de capa: *Mariana Teixeira da Silva*

1ª edição

Obra digitalizada (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

-
- L824 Lodo de estação de tratamento de esgoto como insumo para produção agrícola / Sérgio Delmar dos Anjos e Silva... [et al.]. - Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017.
26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518 ; 263)

1. Lodo residual. 2. Fertilizante. 3. Mamona.
4. Ervilha. I. Silva, Sérgio Delmar dos Anjos e. II. Série.

CDD 631.869

©Embrapa 2017

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	15
Conclusões	20
Referências	23

Lodo de Estação de Tratamento de Esgoto como Insumo para Produção Agrícola

*Sérgio Delmar dos Anjos e Silva*¹

*Mariana Teixeira da Silva*²

*Eberson Diedrich Eicholz*³

*Cândida Raquel Scherrer Montero*⁴

*Pedro José Sanches Filho*⁵

*Edenara De Marco*⁶

Resumo

Os estudos com lodo de esgoto, subproduto gerado nas estações de tratamento de esgotos urbanos, indicam que ele possui alguns nutrientes essenciais às plantas, é rico em matéria orgânica e atua como um condicionador do solo, melhorando sua estrutura. Quando tratado e processado, o lodo recebe o nome de biossólido e adquire características que permitem sua utilização agrícola de maneira racional e ambientalmente segura. No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente dispõe de certas restrições ao uso desse resíduo com relação às culturas. A mamona, por não ser destinada à alimentação,

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

² Gestora Ambiental, doutoranda no PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, UFPel, Capão do Leão, RS.

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

⁴ Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, analista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

⁵ Químico, doutor em Química, professor do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Pelotas, RS.

⁶ Engenheira sanitária e ambiental, mestranda no PPG Sistemas de Produção Agrícola Familiar, UFPel, Capão do Leão, RS.

é considerada uma excelente cultura apta à utilização de biossólidos. O alto custo dos fertilizantes químicos, consequência da alta demanda de energia para a sua produção, tem inviabilizado a aplicação de fertilizantes minerais para algumas lavouras de mamona. Nesse contexto, o uso de resíduos como adubos orgânicos pode aumentar o lucro dos produtores e contribuir para a minimização do impacto ambiental. Objetivou-se com este trabalho, avaliar o uso do lodo de esgoto como fertilizante ou fonte nutricional para a produção de mamona e, posteriormente, seu efeito residual para produção de ervilha. O lodo de esgoto utilizado foi de base sólida proveniente do leite de secagem da Corsan de Rio Grande/RS. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Embrapa Clima Temperado, onde foram testadas cinco doses crescentes do lodo de esgoto e uma dose de adubação mineral. Foi analisada a qualidade ambiental e nutricional do lodo de esgoto e avaliadas as características agronômicas da mamona e da ervilha. Os resultados obtidos indicaram que a eficiência agronômica da mamona foi responsiva às doses de lodo de esgoto e que há efeito residual na cultura da ervilha. Quanto à qualidade ambiental, os parâmetros encontraram-se dentro dos limites da Resolução do Conama nº 375/06, permitindo, então, seu uso como insumo agrícola.

Termos para indexação: Biossólido; Resíduos; Adubação orgânica.

Sewage Sludge as a Fertilizer in Crop Production

Abstract

Studies on sewage sludge, generated from urban sewage treatment, indicate this byproduct possess essential plant nutrients: it is rich in organic matter and acts as a soil conditioner, enhancing its structure. When treated and processed, sludge is called biosolid and it acquires distinct characteristics that allow its rational and environmentally safe agricultural use. In Brazil, the Conselho Nacional do Meio Ambiente (National Environment Council) imposes restrictions to the use of this residue for some crops. Castor bean is considered an excellent crop to the utilization of biosolids since it is not designed for human feeding. High cost chemical fertilizers, due to the increased demand for energy in its production process, are not viable for use in some castor bean tillage. Thus, the use of residue such as organic fertilizers could enhance the producers' profit and contribute with the reduction of the environmental impact. This work aimed to evaluate the use of sewage sludge as a fertilizer or nutritional source for castor bean production, and furthermore its residual effect for pea production. Sewage sludge used on solid base originated from the drying bed of Corsan localized in the city of Rio Grande/RS. Experiments were conducted in greenhouse where five rising doses of sewage sludge and one dose of mineral fertilizer were applied. The environmental and nutritional quality of the sewage sludge was analyzed and

the agronomic characteristics of the castor bean and the pea were evaluated. The results indicated that the agronomic efficiency of castor bean was responsive to the doses of sewage sludge and that there is residual effect on the pea crop. Regarding environmental quality, the parameters were within the limits of the Conama Resolution 375/06, allowing its use as an agricultural input.

Index terms: Biosolid; Residue; Organic fertilization.

Introdução

No Estado do Rio Grande do Sul, o maior problema do saneamento básico é o esgotamento sanitário, cuja coleta e tratamento estão disponíveis a apenas 19% da população gaúcha. (IBGE, 2010). Do total de resíduos sanitários gerados no estado, no ano de 2012, 31,2% são coletados e, a partir deste índice de coleta, apenas 36,6% são tratados (SNIS, 2013). O desafio imposto pela Agenda 21 (AGENDA 21, 2015), documento assinado pelo Brasil durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, estabeleceu a meta de 100% de atendimento da população brasileira com saneamento básico até o ano de 2025, considerando-se que, durante este período, haverá um crescimento proporcional entre os resíduos gerados pelas estações de tratamento de esgoto (ETE) e o crescimento populacional (AGENDA 2020, 2013).

Apesar do lodo não ser o único subproduto gerado em uma ETE, ele tem uma importância maior por ser um resíduo de difícil tratamento e disposição final, cujos custos podem representar em torno de 20% a 60% do total gasto com a operação de uma ETE (TSUTIYA et al., 2001).

O tratamento de esgotos resulta na produção de um residual rico em nutrientes e matéria orgânica, chamado lodo de esgoto (GRAY, 2005). Esse resíduo pode ser utilizado na agricultura (BETTIOL; CAMARGO, 2006; SILVA, 2015; SCHIRMER, 2010; SCHEER et al., 2010; ROCHA et al., 2013). Entretanto, por conter em sua composição diversos poluentes, como os metais pesados e agentes patogênicos, o uso continuado e sem critérios técnicos na agricultura pode resultar em aumento nos teores desses elementos no solo (OLIVEIRA; MATTIAZZO, 2001).

A contaminação do solo e corpos hídricos com metais pesados tem aumentado nos últimos anos, e, conseqüentemente, tem implicado um problema ambiental. Os metais prontamente biodisponíveis para serem absorvidos pelas plantas são o níquel, cádmio, arsênio e cobre, enquanto que o chumbo e o cromo não são disponíveis às

plantas sem a adição de agentes complexantes (SCHNOOR, 2002). No entanto, Kiehl (2004) afirma ser um engano a noção de que, ao se adubar o solo com insumo orgânico contendo metais pesados dentro dos limites aceitáveis, toda a quantidade aplicada será prontamente assimilada pela cultura. A Figura 1 mostra que apenas uma pequena porção será biodisponível às raízes e por elas bioassimilada.

Por conseguinte, a Resolução do Conama nº 375/2006 define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto, inclusive culturas aptas e projeto agrônômico.



Figura 1. Características que um elemento químico potencialmente tóxico pode assumir, ao ser disposto ao solo como componente de um resíduo orgânico (KIEHL, 2004).

Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram: 1) caracterizar química e patogênica o LETE de Rio Grande; e 2) avaliar o uso do lodo de esgoto como fonte de nitrogênio para a produção de mamona (efeito imediato) e de ervilha (efeito residual).

Materiais e Métodos

O lodo de esgoto utilizado foi coletado na Estação de Tratamento de Esgotos da Companhia Riograndense de Saneamento (ETE-CORSAN), localizada no município de Rio Grande/RS, sendo oriundo de tratamento aeróbico (reator biológico), no qual os microrganismos decompõem a matéria orgânica e podem controlar significativamente os patógenos. Após esse tratamento, o lodo foi desaguado em leito de secagem, em janeiro de 2013, para a secagem natural e, posteriormente coletado, em dezembro de 2013 (Figura 2), conforme o Manual de Uso Agrícola do Lodo no ES (COSTA; COSTA, 2011) e manejado conforme a resolução do Conama nº 375 de 2006.

Para avaliar o efeito do lodo de esgoto como uma possível utilização agrícola, foram instalados dois experimentos com mamona e ervilha, ambas as culturas com permissão para esses testes pelos órgãos ambientais, resolução brasileira (CONAMA, 2006) e o licenciamento do órgão ambiental local (FEPAM/RS). No primeiro experimento foram utilizadas as cultivares de mamona BRS Energia e AL Guarany 2002, a fim de testar o efeito imediato do lodo de esgoto; e no segundo



Figura 2. Leito de secagem do lodo na Corsan/RS (A), acondicionamento do lodo para transporte (B), lodo de esgoto utilizado (C).

experimento foi utilizado a cultivar de ervilha 'Itapuã 600', a fim de se testar o efeito residual de nutrientes contidos no lodo de esgoto (Figura 3)



Figura 3. Instalação do experimento (A), experimento de mamona (B), experimento de ervilha (C).

Os experimentos foram conduzidos em telado coberto modelo arco, revestido com filme de polietileno, localizado na Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, no período de dezembro de 2013 a setembro de 2014, utilizando-se baldes de polipropileno com capacidade de 20L, com solo cuja análise foi: P (2,3 mg/dm³), K (40 mg/dm³), Ca (2,2 cmol c/dm³), Mg (0,6 cmol c/dm³), M.O (2,5%), pH (5,7), CTC pH7 (6,9). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com seis tratamentos e quatro repetições; quanto às duas cultivares testadas, não se teve como finalidade a comparação de resultados entre elas, e, sim, um teste de adaptabilidade do resíduo separadamente por cultivar. Cada parcela foi composta de quatro unidades experimentais, totalizando 192 baldes.

A semeadura da mamona se deu no dia 09 de dezembro de 2013, quatro dias após a incorporação dos tratamentos ao recipiente, semeando três plantas por balde. O desbaste foi realizado aos 15 dias após a emergência, mantendo-se uma planta por balde. Após o fim do ciclo da mamona, essa foi coletada deixando apenas as raízes para degradar no local. O experimento com ervilha foi instalado no mesmo recipiente do ensaio da mamona, no dia 09 de julho de 2014, com cinco sementes por balde, o desbaste ocorreu 14 dias após a

emergência, conforme o vigor de plântulas, deixando-se três plantas por balde.

Em relação à adubação, os seis tratamentos receberam as mesmas quantidades de fósforo e potássio, visando atender à recomendação da cultura, foram utilizados superfosfato triplo (SFT 42% de P_2O_5) e cloreto de potássio (KCl 60% de K_2O). As doses de lodo de esgoto (LE) foram definidas com base na recomendação de N para a cultura, e no conteúdo de nitrogênio contido neste adubo, conforme caracterização química (Tabela 1). As análises nutricionais foram realizadas no laboratório de solos da Embrapa Clima Temperado, os metais pesados foram analisados no laboratório de contaminantes ambientais, do Instituto Federal Sul-rio-grandense, e os agentes patógenos, analisados em laboratório quimioambiental de Porto Alegre/RS (credenciado conforme NBR ISSO/IEC 17025:2005).

A composição dos tratamentos segundo a fonte de N foi: T1- testemunha (sem adição de N); T2- 800 Kg ha⁻¹ de LE equivalente a 36 Kg ha⁻¹ de N; T3- 1.500 Kg ha⁻¹ de LE equivalente a 68 Kg ha⁻¹ de N; T4- 2.300 Kg ha⁻¹ de LE equivalente a 104 Kg ha⁻¹ de N; T5- 3.000 Kg ha⁻¹ de LE equivalente a 135 Kg ha⁻¹ de N; e T6- testemunha padrão com 68 Kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia. Considerou-se os tratamentos 1 e 6 como testemunhas, sendo T6 a recomendação de adubação mineral (base nitrogênio) para a cultura da mamona (Tabela 1).

As seguintes avaliações agrônômicas foram realizadas na cultura da mamona:

a) Crescimento da planta: o acompanhamento do crescimento das plantas foi realizado a partir do trigésimo dia após a emergência, sendo avaliada a cada 15 dias até o seu nonagésimo dia. As medições foram realizadas com uma trena, desde a superfície do solo até o ápice da planta.

Tabela 1. Composição química dos tratamentos utilizando lodo de esgoto (LE), adubação mineral, e recomendação para mamona, segundo Silva (2005). Pelotas/RS, 2015.

Tratamentos	Doses de Lodo de Esgoto (LE) e quantidades de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O (Kg ha ⁻¹) fornecidas via LE						Fontes minerais solúveis de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O (Kg ha ⁻¹) - doses baseadas na recomendação para a cultura da mamona						Quantidades totais de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O (Kg ha ⁻¹)											
	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		N		Ureia		P ₂ O ₅		SFT		K ₂ O		KCl		N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	LE	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	Ureia	P ₂ O ₅	SFT	K ₂ O	KCl	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O					
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	214	84	140	0	90	84	0	90	84					
T2	800	36	28	3	0	0	0	0	0	90	214	84	140	36	118	87	36	118	87					
T3	1.500	68	52	7	0	0	0	0	0	90	214	84	140	68	142	91	68	142	91					
T4	2.300	104	79	10	0	0	0	0	0	90	214	84	140	104	169	94	104	169	94					
T5	3.000	135	103	13	0	0	0	0	0	90	214	84	140	135	193	97	135	193	97					
T6	0	0	0	0	68	151	84	140	84	90	214	84	140	68	90	84	68	90	84					

b) Inserção do primeiro racemo: medida da superfície do solo até a inserção do primeiro racemo.

c) Produtividade: antes da maturação dos frutos, houve a ocorrência de um temporal, danificando o telado e afetando a condução do experimento, não sendo possível realizar esta avaliação.

Avaliações agronômicas realizadas na cultura da ervilha:

a) Produtividade de vagens e grãos: com o auxílio de uma balança de precisão, em todas as colheitas, as vagens e grãos foram pesadas, fazendo-se a soma total do peso de grãos.

b) Número de vagens: em cada colheita foi realizada a contagem de vagens emitidas por parcela (quatro unidades experimentais).

Análise estatística:

Foram realizadas análises de regressão, utilizando-se o teste t a 5% para determinar os coeficientes de regressão, por meio do software R (R CORETEAM, 2013).

Resultados e Discussão

O lodo de estação de tratamento de esgoto utilizado em base seca, derivado de leito de secagem contém uma boa quantidade de macro e micro nutrientes fundamentais ao desenvolvimento de plantas inseridas num sistema de produção (Tabela 2). Quanto a metais pesados e agentes patogênicos presentes no lodo de esgoto, esses se encontraram dentro dos limites aceitáveis pela resolução nacional que permite seu uso em atividades agrícolas, podendo ser aplicados com segurança sanitária e ambiental, de acordo com o Conama nº 375 (2006), conforme tabela explanada por Silva (2015) (Tabelas 3 e 4).

Tabela 2. Caracterização química e de agentes patogênicos do lodo de esgoto (base seca) da estação de tratamento de esgoto de Rio Grande-RS. Pelotas/RS, 2015.

pH em água	Atributos químicos do LE						Agentes patogênicos							
	MO ¹	N ¹	P ¹	K ¹	Ca ¹	Mg ¹	Ni ²	Cu ²	Pb ²	Zn ²	Coliformes fecais ³	Salmonella ³	Oros vários ³	Helminthos ³
5,6	8,42	4,52	1,5	0,36	2,81	0,46	18,5	13,2	<1,0	12,2	<1,8	ND	<1,0	
	mg Kg ⁻¹													

¹Tedesco et al. (1995); ²Abreu (2005); ³ABNT NBR ISSO 18593

Tabela 3. Concentração máxima permitida de elementos inorgânicos no lodo de esgoto (mg/Kg, base seca), segundo a Resolução do Conama n° 375, de 2006 (SILVA, 2015).

Elementos	Concentração	Elementos	Concentração
Bário	1.300	Merúrio	17
Cádmio	39	Molibdênio	50
Chumbo	300	Níquel	420
Cobre	1.500	Selênio	100
Cromo	1.000	Zinco	2800

Tabela 4. Classes de lodo de esgoto - agentes patogênicos, segundo a Resolução do Conama nº 375, de 2006 (SILVA, 2015).

Tipo de lodo de esgoto	Concentração de patógenos
A	Coliformes termotolerantes <103 NMP / g de ST Ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo / g de ST <i>Salmonella</i> ausência em 10 g de ST Vírus < 0,25 UFF / g de ST
B	Coliformes termotolerantes <106 NMP / g de ST Ovos viáveis de helmintos < 10 ovos / g de ST

Experimento 1 – mamona; efeito imediato da adubação

A análise de regressão para a variável altura de plantas revelou que o seu desenvolvimento foi crescente para ambas as cultivares, nas quais os coeficientes de determinação foram significativos para todos os tratamentos (Figuras 4 e 5).

Para a cultivar BRS Energia, aos 100 dias após a emergência a maior dose, com 3 mil Kg ha⁻¹, foi a que apresentou médias de alturas mais elevadas, chegando próxima a 0,80 metros, seguido pelo tratamento de adubação mineral (Figura 4). Já para a cultivar AL Guarany, em todas as datas de avaliação constatou-se alturas muito próximas entre todos os tratamentos, porém, as plantas tratadas com adubação mineral e com a dose de 3 mil Kg ha⁻¹ de lodo, apresentaram tendência de maior altura, quando comparado aos demais tratamentos (Figura 5).

O desenvolvimento das plantas de mamona em telado foi visivelmente distinto sob esta condição. Observou-se estiolamento e pouca área foliar nas plantas; esse fato se dá devido à baixa adaptabilidade da cultura em vasos, podendo estar, também, ligado à limitação do crescimento das raízes em baldes; porém, tornou-se necessário o cultivo em recipiente, como modo de precaução do resíduo com a qualidade do solo, ao se utilizar uma área experimental da Unidade.

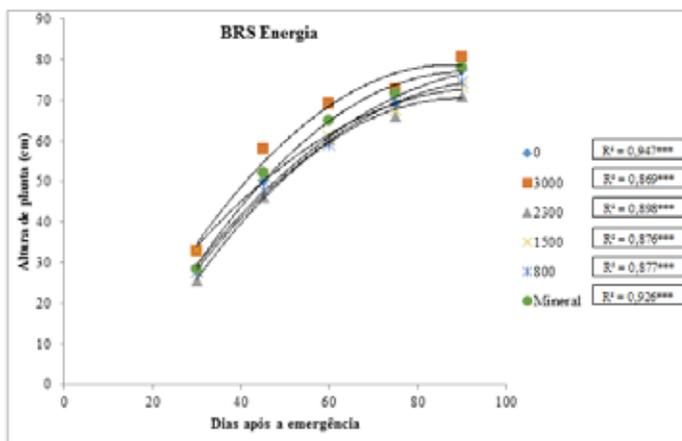


Figura 4. Curvas de crescimento da cultivar de mamona BRS Energia em diferentes tratamentos sob telado. Pelotas/RS, 2015.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t; *** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t; ns Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

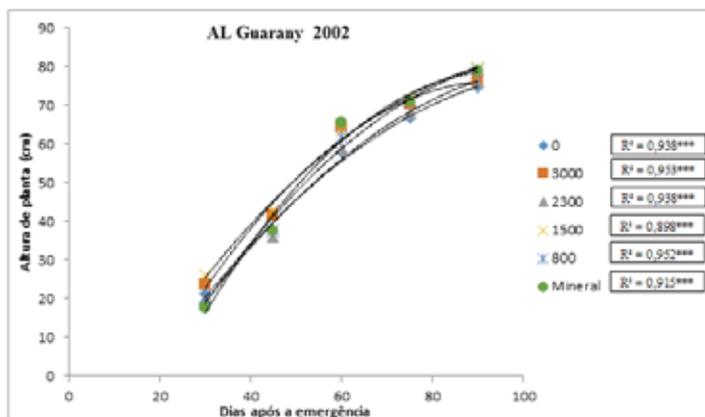


Figura 5. Curvas de crescimento da cultivar de mamona AL Guarany 2002 em diferentes tratamentos sob telado. Pelotas/RS, 2015.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t; *** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t; ns Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Para a variável altura de inserção do primeiro racemo não houve resposta significativa, em função das doses de lodo de esgoto para ambas as cultivares testadas, tornando-se desnecessário a apresentação dos valores.

Experimento 2 – ervilha; efeito residual da adubação

Para a variável produtividade, verificou-se resposta significativa, em função das doses de lodo de esgoto para a ervilha semeada nos vasos previamente cultivados com a mamona BRS Energia, ainda que com baixo coeficiente de determinação (Figura 6). A linha de adubação mineral foi alocada na figura somente para visualização do resultado gerado; ressaltando que não houve doses, apenas um tratamento de acordo com o recomendado.

Verifica-se que a produção de ervilha por parcela foi crescente conforme houve o aumento das doses de lodo de esgoto. Em comparação, a adubação mineral com produção de 120 g, a maior dosagem de lodo (3 mil Kg ha⁻¹) produziu 180 g. Esse dado reflete que mesmo após o ciclo da mamona, ainda restam nutrientes do lodo de esgoto disponíveis no substrato (Figura 6).

Não houve resposta significativa para produção de ervilhas em função das doses de lodo de esgoto residuais do cultivo da mamona AL Guarany 2002 (Figura 7).

Para variável número de vagens emitidas por parcela, somente a ervilha cultivada nos vasos onde foi conduzida a variedade de mamona BRS Energia apresentou variação significativa em função das doses de lodo residual (Figura 8). Na ervilha semeada nos baldes onde foram conduzidos os tratamentos com a variedade BRS Energia, a emissão de vagens produtivas, assim como sua produção total, foi maior no tratamento com maior dosagem de lodo, ao passo que esse apresentou, em média, cerca de 65 vagens e a testemunha e o tratamento mineral, 40 vagens (Figura 8).

O número de vagens da ervilha não variou significativamente em função da dose residual do lodo da variedade AL Guarany, porém, os tratamentos com LE se igualaram ao tratamento com adubação mineral e produziram em média 65 vagens, da mesma forma que a ervilha semeada nos baldes previamente cultivados com a mamona BRS Energia (Figura 8 e 9).

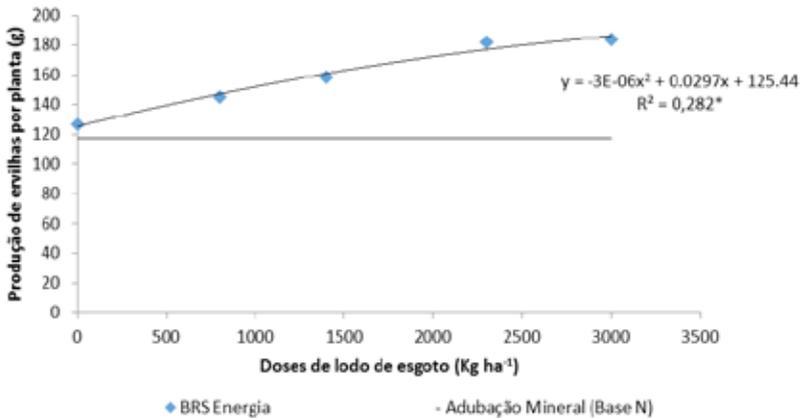


Figura 6. Produção de ervilha 'Itapuã 600' cultivada em telado, sob efeito residual (mamona BRS Energia) de doses com lodo de esgoto. Pelotas/RS, 2015.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t; *** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t; ns Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

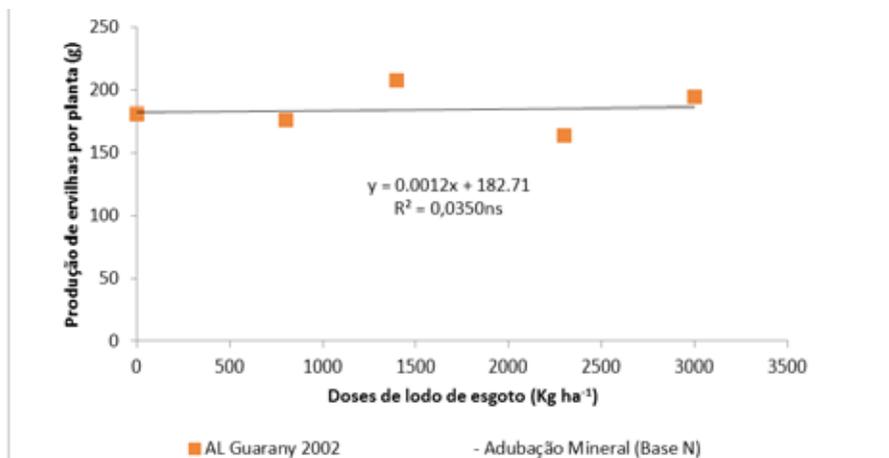


Figura 7. Produção de ervilha 'Itapuã 600' cultivada em telado, sob efeito residual (mamona AL Guarany 2002) de doses com lodo de esgoto. Pelotas/RS, 2015.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t; *** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t; nsNão significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

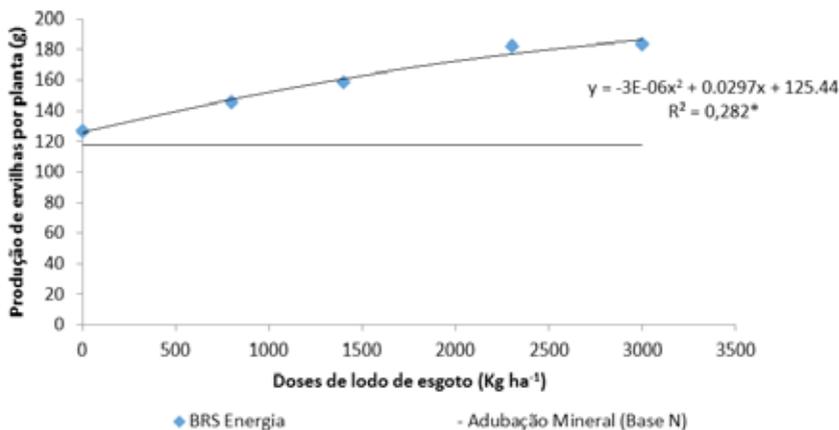


Figura 8. Número de vagens emitidas de ervilha 'Itapuã 600' cultivada em telado, sob efeito residual no local da cultivar BRS Energia de doses com lodo de esgoto. Pelotas/RS, 2015.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t; *** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t; nsNão significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

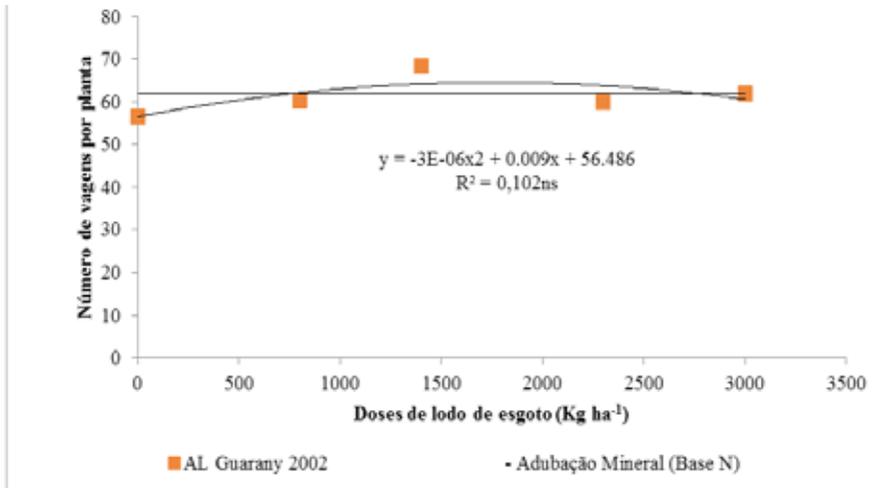


Figura 9. Número de vagens emitidas de ervilha 'Itapuã 600' cultivada em telado, sob efeito residual no local da cultivar AL Guarany 2002 de doses com lodo de esgoto. Pelotas/RS, 2015.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t; *** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t; nsNão significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Conclusão

O uso de lodo de esgoto aplicado em base sólida no cultivo de mamona é agronomicamente viável e pode-se considerá-lo uma fonte alternativa de adubação orgânica para uso desta oleaginosa.

Mesmo após um ciclo com a cultura da mamona, há efeito residual de nutrientes provenientes do lodo de esgoto que podem beneficiar a cultura sucessora, no qual todos os tratamentos com doses de lodo de esgoto superaram o tratamento com dose recomendada mineral na cultura da ervilha.

Agradecimentos

À Fapergs, pela bolsa concedida ao segundo autor, ao PPG-SPAF e à UFPel, à Embrapa Clima Temperado, pela infraestrutura para realização dos experimentos, e ao grupo de pesquisas em contaminantes ambientais do IF-Sul, pelo auxílio nas análises de metais pesados.

Referências

AGENDA 21. **Capítulo 7.** <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em: 01 jan. 2015.

AGENDA 2020. **Situação atual do Saneamento.** Disponível em <<http://agenda2020.com.br/propostas/saneamento/>>. Acesso em: 13 jul. 2013.

BETTIOL, W.; CAMARGO, A. O. **Lodo de esgoto:** impactos ambientais na agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 349 p.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006. Critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>.

COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S. **Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o Estado do Espírito Santo.** Vitória: Incaper, 2011. 126 p.

GRAY, N. F. **Water technology.** An introduction for environmental scientists and engineers. Amsterdam: Elsevier, 2005. 645 p.

IBGE. **PAM**: 2010. Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/estatistica/feedados/consulta/2010/estado/domiciliosparticularespermanentes>>. Acesso em: 21 jul. 2013.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba, 2004. 173 p.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 581-593, 2001.

R CORETEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.

ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; DIOGO, F. A.; PASCOTTO, C. B.; BORELLI, K. Composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 73, p. 27-36, 2013.

SCHIRMER, G. K. **Utilização do lodo de esgoto na vermicompostagem e como substrato para a produção de mudas de Pinus elliottii Engelm.** 2010. 93 f. Dissertação - UFSM-PPG Ciência do Solo, Santa Maria, 2010.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 88, p. 637-644, 2010.

SCHNOOR, J. L. **Phytoremediation of soil and groundwater**: Technology evaluation report TE-02-01. Iowa: GWR TAC Ground Water Remediation Technologies Analysis Center, 2002.

SILVA, M. T. **Lodo de esgoto como insumo para produção de mamona.** 2015. 80 f. Dissertação - PPGSPAF-UFPEL, Pelotas, 2015.

SILVA, S. D. A. **A cultura da mamona na região de Clima Temperado**: informações preliminares. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005.

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento).

Tabelas Completas de Informações e Indicadores dos Prestadores de Serviços Regionais. 2013. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=105>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Ed.). **Biossólidos na agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001.

Embrapa

Clima Temperado

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



CGPE 13984