

APLICAÇÃO DE BIOSSOLIDO COMO FERTILIZANTE PARA PRODUÇÃO DE PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.) EM LATOSSOLO VERMELHO EUTRÓFICO: ASPECTOS AGRONÔMICOS E FINANCEIROS

Luziléa Brito de Oliveira¹, José Wildes Barbosa dos Santos²

¹Professora do curso de Contabilidade, UNIME, Av. J. S. Pinheiro, 1600, 45600-185, Bairro Lomanto Junior, Itabuna, Bahia, Brasil, luzileaboliveira@gmail.com; ²Professor Adjunto do Departamento de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Praça Primavera, 45700-000, Itapetinga, Bahia, Brasil, wildesbarbosa@yahoo.com.br

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), cultura de ciclo perene, adapta-se a diferentes variações de solo e clima. Seu cultivo tem sido incentivado como matéria prima para produção de biodiesel, podendo apresentar rendimento de até 60% de óleo. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar se o lodo de esgoto pode contribuir para a redução dos gastos na cultura do pinhão-manso, atuando como biofertilizante, concedido gratuitamente pelas estações de tratamento de esgotos. O experimento foi conduzido com cinco tratamentos e três repetições, em Latossolo Vermelho eutrófico. Em termos agronômicos o bio sólido analisado mostrou-se adequado para o uso agrícola, e sua eficiência agrônômica foi 25,6% maior que o NPK, quando aplicado na razão de 60 kg de N/ha. Contudo, em valores absolutos, as produções de frutos obtidas nas parcelas adubadas com bio sólidos e fertilizante solúvel, na razão de 40 kg de N/ha cada, não foram observadas diferenças significativas. Os resultados mostram também viabilidade financeira, pois o produtor rural deixaria de gastar com a compra do fertilizante industrializado, e viabilidade ambiental, tendo em vista a destinação útil de um resíduo do processo de tratamento de água de esgoto, o lodo de esgoto.

Palavras-chave: Lodo de esgoto, biofertilizante, vantagens ambientais, sustentabilidade.

Application of biossolids as a fertilizer for pinhão-manso *Jatropha curcas* L. production in Eutrophic Red Latosol: agronomic and financial aspects. The pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), culture of perennial cycle, adapts to different soil and climate variations. Its cultivation has been motivated as primary matter for the biodiesel production and can present revenue of up to 60% of oil. In this context, this work had as objective analyzes if the sewer mud could contribute in the expenses reduction of the culture of the pinhão-manso, acting as biofertilizer, granted gratuitously by the sewer treatment stations. The experiment was conducted with five treatments and three repetitions, in Red Eutrophic Latosol. In agronomic terms the analyzed mud was shown appropriate for the agricultural use presenting an agronomic efficiency of 25,6% greater than the NPK, when applied in the reason of 60 kg of N/ha. However, in absolute values, the fruit productions obtained in the parcels fertilized with mud and soluble fertilizer, in the reason of 40 kg of N/ha each, significant differences were not observed. The results also show financial viability, because the rural producer would stop spending with the purchase of the industrialized fertilizers and environmental viability, considering the useful destination of a residue of the sewer treatment process, the sewer mud.

Key words: Sewer mud, Biofertilizer, Environmental advantages, Sustainability.

Introdução

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) pertence à família das Euphorbiaceae, possui cerca de 290 gêneros e 7500 espécies distribuídas por todo o mundo, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, sendo encontrada em países da América do Sul, China e Índia. Destes, cerca de 70 gêneros e 1000 espécies são encontradas no Brasil. É um arbusto grande, de crescimento rápido, cuja altura normal é dois a três metros, mas pode alcançar até cinco metros em condições especiais e suporta bem climas áridos (Heller, 1996; Openshaw, 2000; Shah, 2005; Vasconcelos et al., 2010).

Sua torta (coproduto da extração do óleo) pode ser utilizada como adubo visto que é rica em proteínas e minerais, tais como fósforo, cálcio, magnésio, sódio e quando decomposta em biodigestores produz gás gerando calor e energia elétrica. Seu plantio tem sido utilizado na prevenção da erosão de solos e formação de cercas vivas (Gubitz et al., 1999).

O óleo bruto de pinhão-manso tem sido utilizado em alguns países na produção de sabão e cosméticos e atuou como substituto de parafina/diesel durante a escassez desse último durante a Segunda Guerra Mundial (Kumar & Sharma, 2008). Porém, o seu uso, enquanto óleo bruto, como combustível demonstrou não ser adequado devido principalmente a sua alta viscosidade. Atualmente uma das principais perspectivas econômicas para o pinhão-manso é a utilização de seu óleo como matéria-prima para produção de biodiesel, o que tem sido incentivado pelo governo federal brasileiro.

Os teores de óleo nas sementes de pinhão-manso variam de acordo com a região de cultivo e com o método de extração utilizado. Esses teores podem ser de: 33 a 34% pela extração mecânica; 38 a 40% pela extração mecânica e química conjuntamente e 58 a 60% pela extração de óleo somente de albúmen. No entanto, existem poucos estudos técnico-científicos que permitam fazer previsões seguras acerca do sucesso do cultivo de pinhão-manso em determinadas regiões e dessa forma, mais

difícil ainda se torna saber o quanto haverá de rendimento para o produtor, caso utilize sua área agricultável para essa finalidade.

No Brasil, sem irrigação, o pinhão-manso cresce, floresce e frutifica durante os meses de chuva e sua colheita vai de janeiro a julho, podendo variar em virtude das condições edafoclimáticas das regiões de cultivo. Esta oleaginosa não se desenvolve bem em solos excessivamente úmidos. Seu caule é capaz de armazenar água para sobreviver em períodos secos, nessas condições ocorre queda na produção de sementes. Saturnino et al. (2005) sugerem de três a quatro irrigações por mês, durante o verão, para estimular o crescimento e aumentar a produção.

As plantas de pinhão-manso, conduzidas sob irrigação por sulco, no Norte de Minas Gerais, produziram 2500 kg de sementes/ha, com 18 meses de idade; enquanto que plantas com a mesma idade, conduzidas em condições de sequeiro na região de Felixlândia (região central de Minas Gerais), produziram apenas 500 kg de sementes/ha (Evangalista e Silva, 2013).

Como as condições de plantio influem no desenvolvimento da lavoura, as estimativas de produtividade de pinhão-manso devem ser adequadas a cada região. Para o levantamento de gastos iniciais foi considerada o rendimento apresentado por Tominaga et al. (2007) em lavoura de sequeiro (Tabela 1).

O óleo do pinhão-manso não é comestível, o que permite o desenvolvimento de uma cadeia produtiva independente da de alimentos e alguns relatos apresentam sua plantação em consórcio com outras culturas, possibilitando um incremento na renda do agricultor familiar, contribuindo para o desenvolvimento regional sustentável.

Com a possibilidade do uso do óleo do pinhão-manso para a produção do biodiesel, abrem-se perspectivas

Tabela 1 - Produtividade esperada por ha/ano da lavoura de pinhão-manso em sistema de produção sequeiro (por planta)

Espaçamento	Idade da lavoura			
	1º ano	2º ano	3º ano	A partir do 4º ano
6 m x 2 m	100 gramas	500 gramas	2.000 gramas	4.000 gramas
4 m x 4 m	33 gramas	167 gramas	663 gramas	1.333 gramas
3 m x 2 m	200 gramas	1.000 gramas	2.000 gramas	4.000 gramas

Obs.: A diferença na produtividade entre os dois espaçamentos ocorre nos dois primeiros anos, porque, no terceiro ano, a lavoura será raleada, passando para o espaçamento 6 m x 2 m.

Fonte: Adaptado de Tominaga et al. (2007).

para o crescimento das áreas de plantio no semiárido, pois esta é uma cultura que pode se desenvolver nas pequenas propriedades, com a mão-de-obra familiar disponível, como acontece com a cultura da mamona, na Bahia, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais da Região Nordeste. Além disso, é uma cultura perene, utilizada na conservação do solo, visto que o cobre com uma camada de matéria seca reduzindo a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta.

Diante do exposto o objetivo dessa pesquisa foi analisar a eficiência agrônômica e financeira da utilização do lodo de esgoto como biofertilizante no cultivo do pinhão-mansô, no sentido de consolidar informações no que se refere a diminuição de custos do referido cultivo, e a possibilidade de uma destinação ambientalmente correta para o resíduo.

As vantagens da utilização do lodo de esgoto como substituto ao fertilizante industrializado apresentam-se em dois pontos: (i) na redução do consumo de insumos oriundos de fontes não renováveis; e (ii) em um aproveitamento mais adequado ao lodo do que o descarte em aterros sanitários, incineração ou *landfarming*¹.

Segundo a Companhia de Saneamento do Paraná (SENAPAR, 1999) e Lucchesi (2004), a reciclagem agrícola alia baixo custo e externalidade ambiental positiva quando é realizado dentro de critérios seguros. Para o meio ambiente é uma solução indicada, pois promove o retorno dos nutrientes ao solo, colaborando para o fechamento no ciclo dos elementos.

Material e Métodos

Preparação do experimento agrônômico, coleta e tratamento de dados.

Para a realização da pesquisa foi escolhida uma área no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais/ *Campus* Salinas, Fazenda Varginha (42° 18' 24,4'W; 16° 09' 08,3'S; altitude 493m). O tamanho total da área ocupada pelo experimento foi de 4.368 m² e área útil de 3.840 m², constituído de Latossolo Vermelho

Eutrófico (Embrapa, 2013), (180 g kg⁻¹ de argila) com declividade de 4%. Para a análise do solo foram coletadas amostras na camada de 0 a 20 cm, cujo resultado indicou:

pH em água = 5,8; Al = 0 cmol_c/dm⁻³; H+Al = 1,57 cmol_c/dm⁻³; Ca+Mg = 5 cmol_c/dm⁻³; K= 145 mg/dm⁻³; V= 77,82%; P= 16,9 mg/dm⁻³; SB= 5,37 cmol_c/dm⁻³ e MO= 1,77 dag/kg⁻¹. E na camada de 20 a 40 cm, cujo os resultados indicaram: pH em água = 5,9; Al = 0 cmol_c/dm⁻³; H+Al = 1,82 cmol_c/dm⁻³; Ca+MG = 4 cmol_c/dm⁻³; K= 126 mg/dm⁻³; V= 70%; P= 8,3 mg/dm⁻³; SB = 4,32 cmol_c/dm⁻³ e MO = 1,26 dag/kg⁻¹.

O experimento foi conduzido com 5 tratamentos e 3 repetições em um período de 15 meses. Os tratamentos foram:

- a) T1 = testemunha (nenhum fertilizante, 0 kg de N/ha);
- b) T2 = fertilizante mineral NPK, (40 kg de N/ha);
- c) T3 = 1,68 kg de lodo de esgoto (20 kg de N/ha);
- d) T4 = 3,36 kg de lodo de esgoto (40 kg de N/ha);
- e) T5 = 5,04 kg de lodo de esgoto (60 kg de N/ha).

O fertilizante NPK (T2) foi formulado nas proporções de 2,27; 0,70 e 0,16% de Nitrogênio (N), Fósforo (P₂O₅) e Potássio (K₂O), respectivamente, sendo utilizados os seguintes fertilizantes: Sulfato de Amônio (N), Superfosfato Simples (P₂O₅) e Cloreto de Potássio (K₂O). Estes percentuais foram assim definidos, para que a dose de referência de lodo de esgoto (3,36 kg de lodo de esgoto, T4) e o fertilizante mineral fornecessem a mesma proporção destes nutrientes (N, P₂O₅ e K₂O).

Apesar de diversos experimentos trabalharem com doses acima de 100 kg de N/ha, optou-se por não ultrapassar a dose de 60 kg de N/ha, pois em experimento conduzido por Albuquerque et al. (2008), doses superiores a este valor apresentaram maior incidência de ataque de *Ácaro Branco* (*Polyphagotarsonemus latus*, Banks) nas folhas de pinhão-mansô.

O espaçamento foi estabelecido em 4 m x 4 m e as covas obedeceram as dimensões de 0,4 x 0,4 x 0,7 m, totalizaram, assim, 3.840 m² de área útil e 4.378 m² de área total, considerando uma população de 240 plantas, as quantidades de fertilizantes estabelecidas foram misturadas em todo o conteúdo das covas.

A colheita do pinhão-mansô foi realizada após 400 dias de cultivo, as variáveis utilizadas na avaliação

¹ Sistema no qual uma área recebe doses elevadas de lodo por vários anos. O objetivo desta prática é utilizar o solo como um sistema de tratamento (SENAPAR, 1999, p.19).

agronômica foram os valores médios entre os tratamentos de quantidade de frutos, quantidade de sementes e peso das sementes, cujos resultados foram ajustados para uma população de 625 plantas, estimando-se desta forma uma produtividade de referência para um hectare.

O biossólido utilizado foi o lodo de esgoto, fornecido pela Estação de Tratamento de Esgotos de Machado Mineiro, distrito do Município de Águas Vermelhas – MG, tendo sido coletada uma amostra composta em 10 pontos diferentes do volume total de biossólido (lodo de esgoto), que após homogeneização foi retirada uma amostra de 0,30 kg (Soccol et al., 2000; Bonini et al., 2015). O material foi enviado ao Campo - Centro de Análises Agrícolas, na cidade de Paracatu - MG, para análise química. Outra fração da amostra (0,30 kg) foi enviada ao Laboratório de Análise de Água e Efluentes (LAAE) em Montes Claros, para análise microbiológica. Entretanto, para a contagem de helmintos uma amostra foi enviada ao Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – *Campus* Salinas, onde foi aplicado o método de Ritchie, que é baseado na sedimentação mediante utilização de centrífuga e lavagem do material (lodo de esgoto) com éter.

A eficiência agrônômica do biossólido (EB), em relação ao fertilizante mineral, foi obtida pela equação: $EB = 100(PB - PT)/(PF - PT)$, em que PB é a produtividade de grãos nos tratamentos com biossólido; PT é a produtividade do tratamento testemunha; e, PF é a produtividade dos tratamentos com fertilizante mineral (Lemainski et al., 2006).

Indicador do mérito financeiro

O estudo das relações entre receitas, gastos e renda líquida é denominado análise de Custo/ Volume/ Lucro (CVL). Segundo Cardoso, Mário e Aquino (2007) a análise CVL propicia uma visão financeira do processo de planejamento, pois reflete o comportamento das receitas totais, dos gastos totais e do lucro à medida que ocorre uma mudança no nível de atividade, no preço de venda ou nos gastos fixos.

Desenvolvida com o intuito de simplificar as hipóteses sobre os padrões de comportamento dos gastos (fixos e variáveis) e da receita, pode ser usada para examinar como várias alternativas de simulação,

levadas em consideração por um tomador de decisão, afetam o resultado operacional, em outras palavras, determina em que instante acontecerá a igualdade entre as receitas e gastos, ou seja, onde o resultado é nulo, não há lucro nem prejuízo.

Da relação CVL deriva-se o Ponto de Equilíbrio e nesse estudo optou-se por sua análise contábil ou operacional.

Vale ressaltar que mesmo com a aplicação de indicadores financeiros os resultados podem se alterar a depender da mudança de qualquer um dos elementos que compõem o cenário em estudo, visto que se trata de um sistema aberto com variáveis externas e, portanto, não controláveis.

Além disso, sabe-se que todo e qualquer investimento apresenta certo grau de incerteza, ao projetista cabe reconhecê-las e oferecer instrumentos de análise que permitam minimizar os erros e avaliar os riscos.

Para composição dos custos integrais foram cotados, via telefone, valores referentes a operações mecanizadas, adubação, fungicidas, inseticidas, herbicidas, serviços terceirizados como análises de solo, energia elétrica, transporte de água, extração do óleo bruto, assistência técnica, dentre outros.

Resultados e Discussão

As análises químicas demonstraram que o pH para a amostra de biossólido analisada foi de 5,3. Neste nível de pH, mesmo não sendo o ideal para as fontes de matéria orgânica, o material foi utilizado, pois a saturação de bases do solo foi de 77,82% e 70%, para as camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade, respectivamente, indicando que o lodo de esgoto, ligeiramente ácido, não comprometeria o fornecimento de nutrientes às plantas.

Kiehel (1985), recomenda que as fontes de matéria orgânica apresentem um pH acima de 6 e a resolução CONAMA 375/2006 exige a realização de testes para que o pH do solo não seja elevado ao ponto de alcalinizar-se em função da aplicação do biossólido. Conforme a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999), a saturação de bases esperada para a mamona e a mandioca, que também são euforbiáceas, é de 60 e 40%, respectivamente. O teste de alcalinização foi

dispensado, tendo em vista que o lote de lodo de esgoto (biossólido) analisado não apresentou potencial a este risco.

O teor de nitrogênio foi de 2,27% significando uma aplicação de 2,1 toneladas por hectare (base úmida), de forma a se fornecer 40 kg deste nutriente, o que representa uma economia de cerca de R\$ 110,00 por hectare, com valores orçados em agosto de 2016. Estes valores podem ser entendidos de maneira mais fácil ao observar a Tabela 2.

Tabela 2 - Relação custo e quantidade de Ureia

Insumo	Quantidade (em Kg)	Nitrogênio (N) %	Custo ¹ (R\$)
Ureia	100 ^(V.R.)	58%	160,00
	69	40%	110,00

^{V.R.} = Valor de Referência.

¹ Valores com base em um saco de ureia de 50kg ao preço de mercado de R\$ 80,00 em agosto de 2016.

Os demais nutrientes encontrados na amostra de lodo de esgoto (Tabela 3) apresentam valores muito baixos, sugerindo a sua ineficiência no fornecimento de fósforo e potássio. Se este material fosse utilizado para fornecer tais nutrientes as quantidades seriam muito grandes, ao ponto de comprometer o ambiente onde este fosse aplicado.

A Tabela 4 aponta os limites de valores dos contaminantes inorgânicos que devem ser respeitados para o uso agrícola do lodo de esgoto e os valores analisados na amostra. Observa-se que das substâncias analisadas a que apresentou maior percentual foi o cádmio, representado 19,33% da carga máxima permitida, 17,85% para o zinco e 6,67% para o cobre. Assim, o lote de lodo de esgoto para o qual a amostra foi analisada não apresenta restrições para a utilização agrícola quanto aos parâmetros avaliados.

Quanto à análise biológica do lodo de esgoto (Tabela 5), o resultado para coliformes termotolerantes foi de 25 NMP/g de sólidos totais tendo sido detectada a presença de salmonelas. Para o número de coliformes termotolerantes o valor está abaixo da concentração

máxima aceita pela Resolução CONAMA 375 (2006), que é de 10^3 e 10^6 NMP/g de sólidos totais, para os lodos tipo A e tipo B, respectivamente.

A determinação de salmonelas no biossólido foi apenas qualitativa, indicando a presença destas na amostra. Tendo o mesmo, sido classificado como tipo B, ou seja, para a utilização agrícola, conforme a Resolução CONAMA 375 (2006).

A análise comparativa mostrou que todos os tratamentos obtiveram produtividades superiores a da testemunha (Tabela 5, Figura 2). No entanto, a análise de variância demonstrou que para o número de frutos não houve diferenças significativas entre as médias dos cinco tratamentos com $F(0,62) < F$ crítico (3,47). Resultados semelhantes foram observados para as variáveis, nº de sementes e peso das sementes, cujos valores foram $F(0,69) < F$ crítico (3,47) e $F(0,71) < F$ crítico (3,47), respectivamente.

O coeficiente de variação (CV) para a variável número de frutos (Tabela 6) apresentou-se nos limites da precisão experimental aceitável, que é de até 30% (Gomes, 2000), para os tratamentos T3 e T4, parcelas estas fertilizadas com biossólidos (lodo de esgoto) com 20 e 40 kg de N/ha, ou seja, atesta que os dados coletados e analisados estão dentro de padrões adequados.

Para a variável número de sementes os tratamentos T1 e T5 apresentaram valores acima do limite de precisão, resultados estes observados também na variável peso de sementes para o tratamento T1. Os valores elevados do coeficiente de variação possivelmente estão associados a variabilidade genética, constituídas apenas de plantas nativas sem melhoramento genético. Todavia, a produção de frutos da parcela em que foi aplicado o biossólido referente a 40 kg/N/ha (T2), não apresenta diferença significativa quando comparado a parcela fertilizada com NPK, e consequentemente não tenha apresentado eficiência agrônômica no incremento da produtividade, o baixo coeficiente de variação neste tratamento caracteriza-se como um atributo positivo (Figura 1).

Vale ressaltar, que o tratamento T5, apresentou maior média na produção de frutos em valores

Tabela 3 - Resultados da análise química do biossólido (lodo de esgoto)

Atributo	pH	CO (%)	N Total (%)	P ₂ O ₅ total (%)	K ₂ O (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Valor	5,3	25,9	2,27	0,7	0,16	1,22	0,22	0,66

Tabela 4 - Carga máxima permitida de contaminantes inorgânicos em lodo de esgoto para fins agrícolas

Elemento	Valor máximo permitido (mg kg ⁻¹)	Valor analisado (mg kg ⁻¹)	% da carga máxima permitida
Zn	2800	500	17,75
Fe	-	1,74	-
Cd	39	7,54	19,33
Cu	1500	100	6,67

Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA 375 (2006) e análise de Lodo de esgoto pelo *Standard methods for the Examination of Water and Wastewater* 21^a ed. 2005.

Tabela 5 - Resultado de análise microbiológica de lodo de esgoto

Parâmetro	Unidade	Resultado	Tolerância Lodo Tipo A	Tolerância Lodo Tipo B
CF (Coliformes Fecais)	NMP/g ST	21	<10 ³	<10 ⁶
<i>Salmonella sp.</i>	P/A	Presente	ausência 10g ST	—
Helmintos	Ovos/g ST	6,2	<0,25	<10
Vírus	UFP/g ST	—	ausência 10g ST	—

NMP= Número mais provável; P/A=Presente/Ausente; ST= Sólidos totais; UFP= Unidade formadora de placa.

Tabela 6 - Resultados estatísticos para as variáveis n° de frutos, n° de sementes e peso das sementes, em três repetições e cinco diferentes níveis de adubação (tratamentos)

Estatística	Variáveis														
	n° frutos					n° sementes					peso sementes				
	(T1)	(T2)	(T3)	(T4)	(T5)	(T1)	(T2)	(T3)	(T4)	(T5)	(T1)	(T2)	(T3)	(T4)	(T5)
Media	202.4	269.8	211.4	268.7	287.1	547.0	719.9	565.3	718.9	809.0	0.31	0.42	0.35	0.42	0.47
Des. Padrão	122.5	85.4	17.3	2.7	113.6	299.8	169.7	52.2	46.3	385.6	0.18	0.11	0.03	0.009	0.03
CV%	60.5	31.7	8.2	1.0	39.6	54.8	23.6	9.2	6.4	47.7	58.3	26.4	8.5	2.1	6.3
Mínimo	121	179.6	200	267	204.2	392.8	529.8	561	667	532.9	0.18	0.29	0.34	0.41	0.34
Máximo	343.2	349.5	231.4	272	461.5	889	856.2	620	754.2	1249.6	0.51	0.48	0.38	0.43	0.71

T1 = testemunha (nenhum fertilizante, 0 kg de N/ha); T2 = fertilizante mineral NPK, (40 kg de N/ha); T3 = 1,68 kg de lodo de esgoto (20 kg de N/ha); T4 = 3,36 kg de lodo de esgoto (40 kg de N/ha) e T5 = 5,04 kg de lodo de esgoto (60 kg de N/ha).

absolutos, porém, não diferindo significativamente dos demais tratamentos, observando-se ainda que foi o tratamento cujas quantidades de biossólido aplicado, mostrou-se mais eficiente em 25,6% que a fertilização com NPK, contudo os resultados demonstraram uma amplitude elevada com um coeficiente de variação acima dos 30%.

Os demais tratamentos, “testemunha” e o T3 apresentaram produtividades inferiores ao tratamento T2 que foi aplicado fertilizante solúvel (Tabela 7).

Observa-se que o aumento das doses de lodo de esgoto (Figura 2), portanto, também de nitrogênio elevaram a produção do pinhão-mansão em 6,4% no tratamento T5 em relação ao tratamento T2 onde foi

aplicado o fertilizante solúvel, entretanto, muito embora os valores observados no tratamento T4 tenham sido

Tabela 7 - Eficiência Agrônômica do biossólido (%) como fornecedor de nitrogênio, para o cultivo do pinhão-mansão em diferentes tratamentos

Tratamento	n° de frutos	% eficiência
Testemunha	202.40	PI
NPK (40kg.N)	269.79	-
BSL (20kg.N)	211.40	PI
BSL (40kg.N)	268.55	PI
BSL (60kg.N)	287.06	25,6

BSL= biossólido; PI= produção inferior a produção no tratamento com NPK

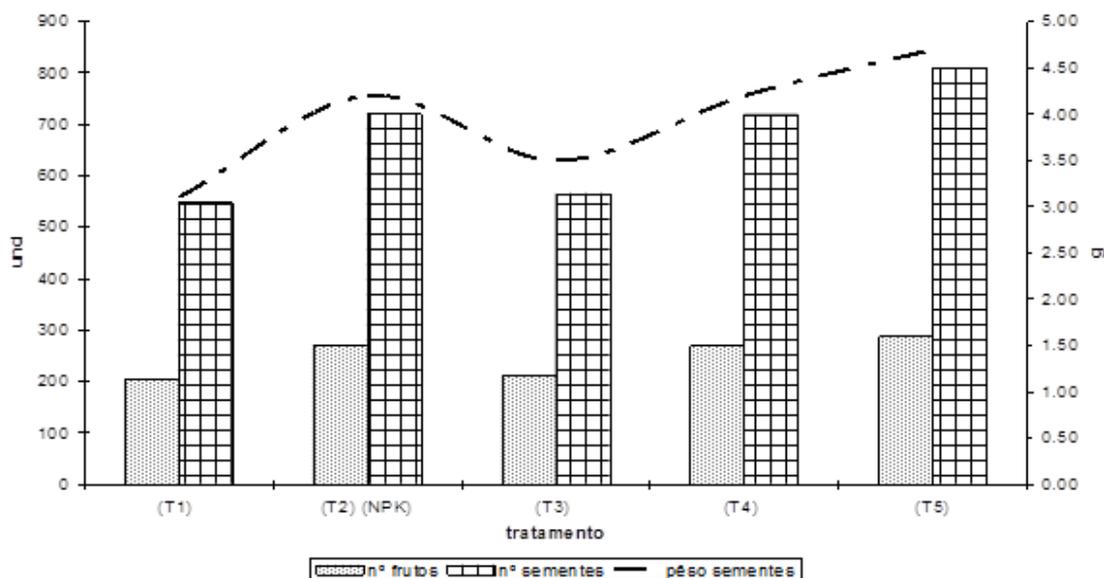


Figura 1 - Média dos cinco tratamentos¹ - variáveis: n° de frutos, n° sementes e seu peso.

¹ Idem Tabela 5.

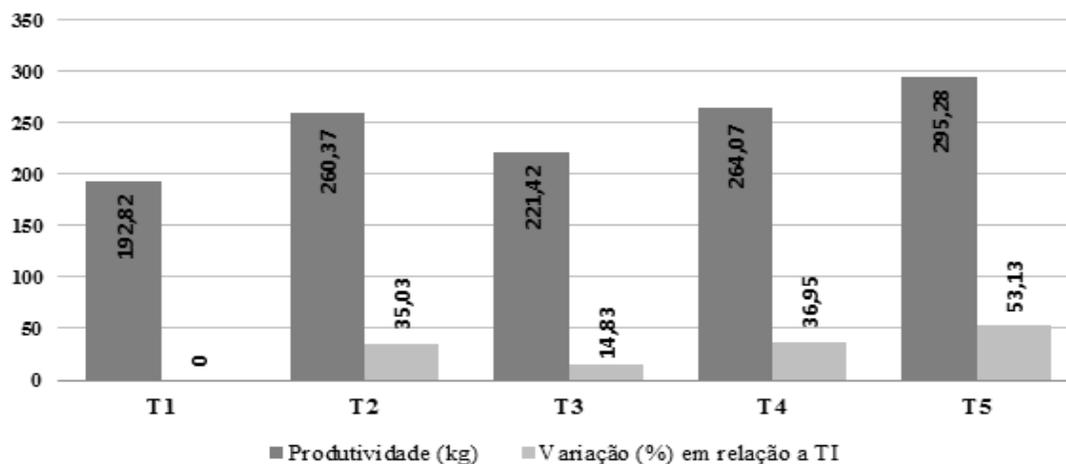


Figura 2 - Variação (%) da produtividade dos tratamentos em relação a T1 (Testemunha). T1 = testemunha (nenhum fertilizante, 0 kg de N/ha); T2 = fertilizante mineral NPK, (40 kg de N/ha); T3 = 1,68 kg de lodo de esgoto (20 kg de N/ha); T4 = 3,36 kg de lodo de esgoto (40 kg de N/ha) e T5 = 5,04 kg de lodo de esgoto (60 kg de N/ha).

inferiores em valores absolutos em relação ao tratamento T2, vale ressaltar, que tais resultados não apresentam diferenças significativas. Em um experimento conduzido com mamoneira, Souto (2007) observou incremento na produção de grãos nos tratamentos que receberam as maiores doses de lodo de esgoto. Laviola e Dias (2008) apontam o lodo de esgoto como uma alternativa de adubação do pinhão-

mansô, cuja espécie é exigente em nitrogênio, sendo a sua concentração maior nos frutos dessa espécie do que em outras plantas, o que justifica o comportamento crescente da produção.

No tocante ao mérito financeiro, para elaboração dos Fluxos de Caixa foi aplicado o conceito de custo integral ou custo pleno, que conforme Bruni e Famá (2012), quando custos e despesas são alocados aos

produtos ou serviços, diz-se tratar de um sistema de custos plenos ou integrais.

Para Neves e Viceconti (2013) a vantagem deste método é que, dado qualquer aumento de um item de custo ou despesa, é possível calcular o efeito do mesmo no preço do produto, já que tudo é levado ao objeto de custeio.

Na Tabela 8 pode ser verificada a produtividade esperada em cada tratamento, em lavoura de sequeiro, levando em consideração 625 plantas por hectare e um rendimento de 34% de óleo.

Como pode ser observado na Tabela 9, o PEC (Ponto de Equilíbrio Contábil) não foi atingindo nos tratamentos avaliados no Ano 01. Necessário se faz realizar projeções pelo menos até o quinto ano depois da implantação da lavoura, pois esta atinge seu pico de produtividade no quarto ano. Ainda não se tem dados científicos, comprovados, de quando a produtividade entra em declínio, tendo em vista que trata-se de uma cultura perene com estimativa de vida de quarenta anos.

Na Figura 2 é possível observar as variações de produtividade do pinhão-mansão em decorrência das diversas concentrações de lodo de esgoto. Todos os tratamentos foram comparados com os resultados obtidos em T1.

É possível perceber que todos os tratamentos, em

Tabela 8 - Produtividade esperada para lavoura de sequeiro em cada tratamento

Ano	Variáveis			
	Produção **	34%***	R\$ / kg (*)	R\$ total
T1	193	66	R\$ 1,85	R\$ 121,28
T2	260	89	R\$ 1,85	R\$ 163,77
T3	221	75	R\$ 1,85	R\$ 139,27
T4	264	90	R\$ 1,85	R\$ 166,10
T5	295	100	R\$ 1,85	R\$ 185,73

(*) 01 tonelada = R\$ 1.850,00 - cotação realizada na BiodieselBR.

(**) em kg de sementes

(***) rendimento de óleo em kg.

Tabela 9 - Ponto de Equilíbrio Contábil para cada tratamento no Ano 01

	Gasto Total (R\$)	Receitas (R\$)	Resultado (R\$)	PEC (litro)	Qtde. Produzida	Déficit (litro)
T1	344,07	121,28	(222,79)	186	66	-120
T2	369,86	163,77	(206,09)	200	89	-111
T3	364,47	139,27	(225,20)	197	75	-122
T4	369,64	166,10	(203,54)	200	90	-110
T5	371,14	185,73	(185,41)	201	100	-100

que foi aplicado fertilizante mineral (NPK), bem como os que foram aplicados lodo de esgoto, apresentaram produtividades superiores ao T1, com produtividades 35,03%, 14,83%, 36,96%, 53,13%, para T2, T3, T4 e T5 respectivamente. Todavia, considerando a produtividade na amostra em que foi aplicado NPK (T2), o acréscimo de produtividade dos tratamentos fertilizados com lodo de esgoto foram observados em T4 e T5. Entretanto, a amostra T4 que utiliza 3,36kg de lodo de esgoto o resultado da produtividade equivalente à apresentada pela amostra T2 que utiliza o fertilizante mineral NPK. O tratamento T5 foi o que apresentou melhor produtividade, mas demanda maior quantidade de lodo de esgoto, uma vez que representa uma concentração maior de nitrogênio por hectare (60kg N/ha).

Conclusões

A utilização do lodo de esgoto como alternativa para fertilizantes industrializados na cultura do pinhão-mansão apresenta-se viável nos três aspectos observados – agrônômico, financeiro e ambiental.

O lodo de esgoto é um produto orgânico do sistema de tratamento de efluentes potencialmente contaminante, os resultados demonstraram a presença de metais pesados e contaminantes biológicos, como coliformes termotolerantes e salmonelas, muito embora estivessem abaixo dos valores máximos permitidos.

Ainda que o lodo de esgoto seja rico em nutrientes e com alto teor de matéria orgânica, a viabilidade de sua aplicação como condicionador de solo e fertilizante, está associada a uma avaliação sanitária.

Os resultados obtidos com a aplicação de lodo de esgoto demonstraram que o tratamento T4 (lodo de esgoto) foi produtivo e financeiramente equivalentes aos observados para T2 cujo tratamento foi utilizado fertilizante mineral (NPK). Isso, associado às

vantagens ambientais, justifica e respalda sua utilização como substituto eficiente dos insumos atualmente utilizados como adubo neste tipo de cultura.

Ressalta-se a importância desta e de outras iniciativas que busquem mecanismos ambientalmente sustentáveis de promoção do desenvolvimento rural.

Literatura Citada

- ALBUQUERQUE W. G. et al. 2008. Crescimento do Pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) em Função de Níveis de Água e Adubação Nitrogenada. In: Congresso Brasileiro de mamona, energia e ricinoquímica, 3.
- BONINI, C. S. B., ALVES, M. C.; MONTANARI, R. 2015. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 19(4):388-393.
- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. 2012. Gestão de custos e formação de preços: com aplicação na calculadora HP 12C e Excel. 5. ed. São Paulo, SP, Atlas.
- CARDOSO, R. L., MÁRIO, P. C., AQUINO, A. C. B. 2007. Contabilidade Gerencial: mensuração, monitoramento e incentivos. São Paulo, SP, Atlas.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ-SANEPAR. 1999. O uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Curitiba, PR, SANEPAR/PROSAB, 98p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2013. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, RJ, EMBRAPA. 306p.
- EVANGELISTA, A. W. P.; SILVA, J. C. 2013. Rendimento de óleo de sementes de pinhão-mansô em plantas irrigadas e adubadas. Bioscience Journal (Brasil) 29 (Supl 1):1624-1631.
- GOMES, F. P. 2000. Curso de Estatística Experimental, 14ª edição, Editora Degaspari. 477p.
- GUBITZ, G. M.; MITTELBAACH, M.; TRABI, M. 1999. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. Bioresource Technology 67:73-82.
- HELLER, J. 1996. Physic nut *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome, International Plant Genetic Resources Institute – IPGRI. 88p.
- KIEHEL, E. M. 1985. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, SP, ESALQ. 492p.
- KUMAR, A., SHARMA, S. 2008. An evaluation of mulipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. Nova Delhi, India, Industrial Crops and Products.
- LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. da. 2006. Avaliação agrônômica e econômica da aplicação de biossólido na produção de soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira 41(10):1477-1484.
- LUCCHESI, L. A. C. 2006. Reciclagem Agrícola de Lodos de Esgoto no Brasil: o caso da Cidade de Curitiba. Curitiba, PR, UFPR. 44p.
- NEVES, S.; VICECONTI, P. E. V. 2013. Contabilidade de Custo: um enfoque direto e objetivo. São Paulo, SP, Atlas.
- OPENSHAW, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. Biomass and Bioenergy 19 (1):1-15.
- SOCOL, V. T.; PAULINO, R. C.; CASTRO, E.A. 2000. Metodologia para análise parasitológica em lodo de esgoto. Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. 2.ed. Curitiba, PR, SANEPAR. pp.27-41.
- SATURNINO, H. M. et al. 2005. Cultura do pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.). Informe Agropecuário (Brasil) 36 (229):44-78.
- SHAH, S., SHARMA, A., GUPTA, M. N. 2005. Extraction of oil from *Jatropha curcas* L. seed kernels by enzyme assisted three phase partitioning. Industrial Crops and Products; 20.
- TOMINAGA, N.; KAKIDA, J. YASUDA, E. K. 2007. Cultivo de Pinhão-mansô para produção de biodiesel. Viçosa, MG, CPT. 1 disco sonoro.

VASCONCELOS, G. C. L. et al. 2010. Congresso Brasileiro de Mamoma, 4. Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1. João Pessoa.

Inclusão social e energia. Anais. Campina Grande, PB, EMBRAPA ALGODÃO. pp.1606-1611.

