



## Uso do lodo de curtume na produção de plantas de açaizeiro em fase inicial de desenvolvimento

George Rodrigues da Silva<sup>1</sup>, Idemê Gomes Amaral<sup>2</sup>, Jessivaldo Rodrigues Galvão<sup>1</sup>, Daniel Pereira Pinheiro<sup>3</sup>, Mario Lopes da Silva Júnior<sup>1</sup>, Nilvan Carvalho Melo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia, Departamento de Solos, Av. Tancredo Neves, 2501, Terra Firme, CEP 66077-530, Belém-PA, Brasil. Caixa Postal 917. E-mail: george.silva@ufrpa.edu.br; jessivaldo.galvao@ufrpa.edu.br; mario.silva@ufrpa.edu.br

<sup>2</sup> Museu Paraense Emílio Goeldi, Ministério da Ciência e Tecnologia, Av. Perimetral, 1901, Terra Firme, CEP 66077-530, Belém-PA, Brasil. E-mail: ideme@museu-goeldi.br

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Departamento de Solos e Aduos, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Vila Industrial, CEP 14884-900, Jaboticabal-SP, Brasil. E-mail: daniel.pinheiro@ufrpa.edu.br; nilvan.melo@yahoo.com.br

### RESUMO

Atualmente o lodo de curtume, resíduo da indústria de beneficiamento couro, tem sido amplamente difundido pela agricultura. Este resíduo possui teores de nutrientes que podem ser utilizados pelas plantas, porém apresenta elementos potencialmente tóxicos capazes de causar danos ao meio ambiente e à saúde humana. Os tratamentos testados consistiram dos seguintes substratos: controle (solo sem lodo de curtume), solo + 50% de lodo de curtume, solo + 70% de lodo de curtume, solo + 75% de lodo de curtume, solo + 80% de lodo de curtume e 100% de lodo de curtume. Nas plantas de açaizeiro foram avaliadas a altura, diâmetro do coleto, comprimento de raiz, massa seca de raiz, massa seca da parte aérea e massa seca total. No substrato foram avaliados os valores de pH, matéria orgânica e os teores de N, K, Ca, Mg e Na. Avaliaram-se também os teores de elementos potencialmente tóxicos: Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb e Zn. O uso de lodo de curtume como substrato, reduziu o crescimento das plantas de açaizeiro, elevou os teores dos elementos essenciais, e benéfico estudados, além de promover aumento nos teores de elementos potencialmente tóxicos. Porém, a elevação nos teores de elementos potencialmente tóxicos estava na faixa permitida pela legislação ambiental vigente no país, ou seja, em níveis que não causam problemas ambientais.

**Palavras-chave:** elementos potencialmente tóxicos, *Euterpe oleracea*, fitorremediação, nutrientes, resíduo industrial

### *Use of sludge tanning in production plants açaizeiro in initial phase of development*

### ABSTRACT

Currently tannery sludge, waste from leather processing industry, has been widely used in agriculture. This residue has nutrient content that can be used by plants, but has potentially toxic elements that can cause damage to the environment and human health. The objective of this study was to evaluate the effect of different ratios of tannery sludge used as substrate in the growth of plants açaizeiro and chemical changes occurring in the substrate 180 days after planting the plants. We used a completely randomized design with six replications. The treatments consisted of the following substrates: control (soil without tannery sludge), soil + 50 % of tannery sludge, soil + 70 % of tannery sludge, soil + 75 % of tannery sludge, soil + 80 % of sludge tannery and 100 % of tannery sludge. All plants were evaluated açaizeiro height, stem diameter, root length. And root dry weight, shoot and total. N, K, Ca, Mg, and Na contents: In the substrate the pH, organic matter and the contents of the chemical elements essences plants were evaluated. We also assessed the levels of potentially toxic element: Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn. The use of tannery sludge as substrate, decreased plant growth of açaí, increased the contents essences of plants and the elements Na, and promote increased levels of potentially toxic elements. However, the increase in the levels of potentially toxic elements was in the range allowed by current environmental legislation in the country, in other words, at levels that do not cause environmental problems.

**Key words:** potentially toxic elements, *Euterpe oleracea*, phytoremediation. nutrients, industrial waste

## Introdução

Os lodos de curtume são constituídos de materiais orgânicos de origem animal misturados com sais inorgânicos, e alguns desses componentes são nutrientes importantes para plantas. Este resíduo vem sendo amplamente experimentado visando incremento da fertilidade do solo e seu potencial de tamponamento (Silva et al., 2011). Entretanto, existem nesses lodos relativas quantidades de elementos químicos que podem ter efeitos negativos sobre a qualidade do solo e o crescimento das plantas (Gianello et al., 2011).

É necessário o estabelecimento de limites e critérios que visem otimizar o aproveitamento desses resíduos pelas plantas e proteger o meio ambiente, visto que, em alguns casos, os resíduos gerados são constituídos por substâncias que podem ser tóxicas (CONAMA, 2009). No entanto, estudos dessa natureza, para as condições de clima e solos da Amazônia ainda são incipientes, especialmente no Estado do Pará, possuidor de 42,24% do rebanho bovino da região Norte (IBGE, 2011), onde a oferta dessa matéria prima, aliada aos incentivos fiscais implementados, favorecem a instalação de curtumes, sendo de fundamental importância estudos de possíveis alternativas de uso dos desses resíduos.

A produção de mudas de plantas para fins ornamentais / ou florestais pode ser conduzida como uma forma de utilização racional do lodo de curtume (Silva et al., 2011). Neste contexto, a produção de mudas de açaizeiro (*Euterpe Oleraceae* Mart.) para fins ornamentais, pode ser utilizado, pois não sendo destinadas ao consumo alimentar poderiam ser cultivadas em substratos produzidos com resíduos industriais, contendo eventuais níveis elevados de elementos potencialmente tóxicos.

O trabalho objetivou avaliar os efeitos do lodo de curtume no crescimento de plantas de açaí, e as modificações químicas que ocorrem no substrato de cultivo após o uso desse biossólido.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação do campus de pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Belém, Pará. O lodo de curtume foi obtido de curtume localizado no Distrito Industrial de Icoaraci, Belém, Pará. O curtume dispõe de estação de tratamento de efluentes (ETE) e produz couro do tipo *wet-blue*, com reciclagem do banho de cromo e tratamento primário (físico-químico) dos efluentes líquidos e secundário com sistema de lodo ativada convencional.

O lodo de curtume utilizado foi caracterizado como lodo de caleiro, gerado no processo inicial de preparação da pele para o curtimento, sendo classificado como classe IIA (resíduo não inerte e gerado no processo inicial de preparação da pele para o curtimento) (CONAMA, 2002; ABNT, 2004). O material foi coletado em uma pilha de lodo previamente depositada no leito de secagem da ETE da empresa, e submetido à secagem durante 35 dias para redução do volume.

No laboratório de solos do MPEG o material foi submetido a secagem natural, em seguida destorroado, passado em peneira com malha de dois milímetros de diâmetro e caracterizado quanto a composição química conforme metodologia

descrita em Tedesco et al. (1995). Os resultados da análise da composição química do lodo de curtume apresentaram: pH ( $H_2O$ ) = 6,10; matéria orgânica = 466,76 g  $kg^{-1}$ ; N-total = 13,46 g  $kg^{-1}$ ; relação C/N = 20,6; Ca = 56,68 g  $kg^{-1}$ ; Mg = 1,17 g  $kg^{-1}$ ; K = 0,014 g  $kg^{-1}$ ; Na = 3,10 g  $kg^{-1}$ ; Cu = 3,02 mg  $kg^{-1}$ ; Zn = 50,67 mg  $kg^{-1}$ ; Fe = 884,99 mg  $kg^{-1}$ ; Mn = 16,13 mg  $kg^{-1}$ ; Cd = 1,98 mg  $kg^{-1}$ ; Cr = 66,21 mg  $kg^{-1}$  e Pb = 662,30 mg  $kg^{-1}$ .

Utilizou-se no experimento amostras de horizonte C de um solo classificado como Neossolo Flúvico, textura média, derivado de sedimentos aluviais (Embrapa, 2006), sob vegetação de mata ciliar, no município de Moju, Pará. As amostras de solo coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com dois milímetros de diâmetro de abertura de malha (Silva, 2009). O resultado da análise química do solo apresentou: pH ( $H_2O$ ) = 4,80; matéria orgânica (M.O. = 1,724 x C-orgânico): 19,88 g  $kg^{-1}$ ; C-orgânico (Walkley-Black) = 11,56 g  $kg^{-1}$ ; N-total (Kjedahl) = 1,28 g  $kg^{-1}$ ; relação C/N = 9,03; P (Mehlich-1) = 5,85 mg  $dm^{-3}$ ;  $K^+$  (Mehlich-1) = 0,04 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ ;  $Na^+$  (Mehlich-1) = 0,09 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ ;  $Ca^{2+}$  (KCl 1 mol  $L^{-1}$ ) = 1,50 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ ;  $Mg^{+2}$  (KCl 1 mol  $L^{-1}$ ) = 0,40 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ ;  $Al^{3+}$  (KCl 1 mol  $L^{-1}$ ) = 0,45 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ ; H+Al (Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol  $L^{-1}$ ) = 4,05 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$  e a partir dos resultados foram calculadas a Soma da bases trocáveis (SB) = 2,03 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ , CTC<sub>total</sub> = 6,08 cmol<sub>c</sub>  $dm^{-3}$ , Saturação por bases (V%) = 33% e saturação por alumínio (m%) = 18%. A interpretação dos resultados da análise química do solo indica acidez elevada, níveis baixos de P, M.O, C,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Al^{3+}$ , V% e m%, e médios para  $Ca^{2+}$ , SB, H+Al e CTC (Ribeiro et al., 1999). O resultado da análise granulométrica, determinado pelo método da pipeta (Gee & Bauder, 1986), apresentou 220 g  $kg^{-1}$  de argila, 70 g  $kg^{-1}$  de silte, 530 g  $kg^{-1}$  de areia grossa e 180 g  $kg^{-1}$  de areia fina.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos: cinco doses de lodo adicionadas ao solo e um tratamento controle sem adição de lodo de curtume, em cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais.

O lodo de curtume e solo, após a caracterização química foram misturados e distribuídos em proporções diferentes em vasos com capacidade para três litros. Não foram feitas adubações e correção do solo, afim de avaliar-se a eficiência do lodo como parte do substrato. Deste modo, os substratos testados foram, solo sem aplicação de lodo de curtume (tratamento controle), solo + 50% lodo de curtume (T1), solo + 70% lodo de curtume (T2), solo + 75% lodo de curtume (T3), solo + 80% lodo de curtume (T4), 100% lodo de curtume (T5).

Os vasos foram revestidos por sacos plásticos transparentes internamente para evitar a drenagem e a consequente lixiviação de nutrientes para o meio externo.

Nos vasos foram cultivadas plantas de açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) cultivar BRS Pará (Oliveira & Farias Neto, 2004), cujas sementes para o plantio foram procedentes do campo de pesquisa da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. Ressalta-se que a cultivar de açaí utilizada é recomendada devido sua boa adaptação a solos de terra firme, frequentemente, utilizada na Amazônia pelos agricultores para cultivos comerciais, recuperação de áreas degradadas pelo desmatamento da floresta primária, secundária e zonas ripárias (Oliveira & Farias Neto, 2004).

A germinação das sementes ocorreu em bandejas plásticas contendo areia lavada como substrato, e a umidade foi mantida com aplicação de água deionizada. As plântulas ao atingirem cerca de dois centímetros de altura foram transplantadas para os vasos preenchidos com os substratos. O plantio ocorreu com a colocação de três plântulas de açaí por vaso, para garantir biomassa vegetal suficiente para análise química do tecido vegetal.

O experimento foi monitorado diariamente, sendo as plantas irrigadas com água deionizada em dias alternados no período da tarde, com aproximadamente 100 mL vaso<sup>-1</sup>. A colheita foi procedida 180 dias após a semeadura, no momento que a maioria das plantas apresentava o primeiro par de folíolos aberto e totalmente expandido.

Foram avaliadas a altura da planta (AP), diâmetro do coleto (DC), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST).

Para determinação da altura de plantas, efetuou-se medição com auxílio de fita métrica, do comprimento correspondente à base do coleto até a ponta da última folha expandida. Na região do coleto com auxílio de um paquímetro, efetuou-se a medição do diâmetro do coleto. Para determinação do comprimento de raiz, utilizou-se uma régua graduada, mensurando do comprimento de inserção da raiz principal no coleto até a sua extremidade. Para a determinação da massa seca (parte aérea e raiz) e do comprimento da raiz, as plantas foram retiradas inteiras dos vasos, lavadas cuidadosamente em água corrente, para a retirada dos resíduos de substrato aderido, com adição de detergente neutro (0,1 % v/v).

Em seguida realizou-se o corte das plantas à altura do coleto para separar a parte aérea e raiz, sendo embaladas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar sob temperatura média de 65° C durante 72 horas. O material seco foi pesado em balança analítica com precisão de 0,001g para as determinações da massa seca da parte aérea, das raízes e a soma destas duas variáveis forneceu o peso de massa seca total de plantas em cada tratamento.

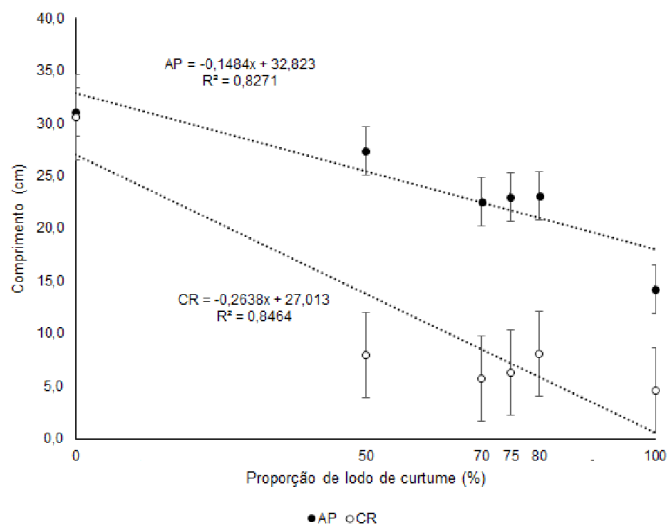
Após o cultivo, os substratos misturados (solo + lodo de curtume) de cada tratamento foram removidos dos vasos, acondicionados em bandejas plásticas e colocados para secar à temperatura ambiente, sendo, posteriormente destorroados e passados em peneira com malha de 2,0 mm de diâmetro e analisados quimicamente conforme Tedesco et al. (1995).

As características químicas do substrato avaliadas (antes do plantio e no final do experimento) e os dados obtidos na planta, foram submetidos a análises de variância e quando detectada significância, foi aplicada a análise de regressão (Ferreira, 2011).

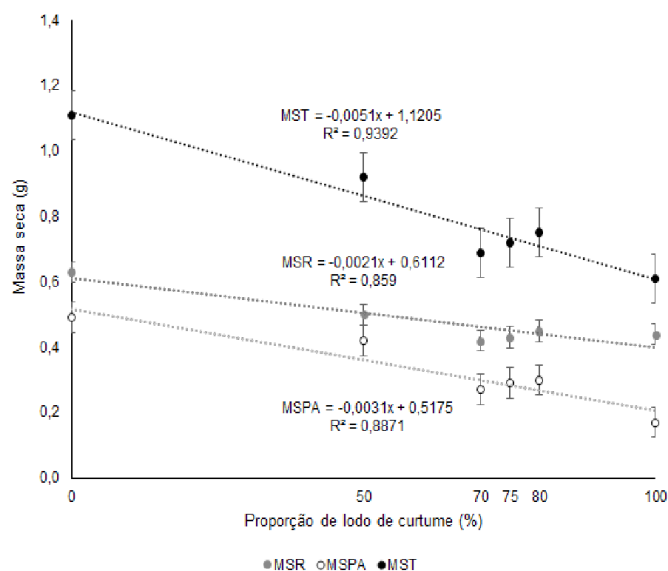
## Resultados e Discussão

Houve efeito ( $p < 0,05$ ) dos tratamentos sobre a altura de plantas (AP), comprimento de raiz (CP), massa seca de raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) de plantas de açaizeiro. O diâmetro do coleto das plantas de açaizeiro não diferiu ( $p > 0,05$ ) em função dos tratamentos testados.

As equações de regressão para as variáveis de crescimento analisadas em função dos tratamentos (proporção de lodo de curtume) ajustaram ao modelo de equação linear (Figura 1 e 2).



**Figura 1.** Altura da planta e comprimento de raiz de plantas de açaizeiro cultivadas em vasos com diferentes proporções de lodo de curtume, 180 dias após a semeadura. Belém, Pará (2008)



**Figura 2.** Massa de raiz, parte aérea e total de plantas de açaizeiro cultivadas em vasos com diferentes proporções de lodo de curtume, 180 dias após a semeadura. Belém, Pará (2008)

O uso de lodo de curtume até a proporção de 50% no substrato foi semelhante ao tratamento sem o uso do lodo de curtume. Entretanto, com as maiores proporções de lodo de curtume as variáveis analisadas diminuíram significativamente.

Esse resultado difere de outros trabalhos realizados com outras espécies vegetais, como milho (Souza et al., 2007; Araújo et al., 2008), soja (Costa et al., 2001), caupi (Santos et al., 2011), alface (Bastos et al., 2011), celosia e pimenta ornamental (Silva et al., 2011). Em todos estes trabalhos a aplicação de lodo de curtume promoveu incrementos significativos no crescimento e desenvolvimento vegetal.

Segundo Konrad & Castilhos (2002) o incremento de produção na biomassa vegetal das culturas com aplicação de lodo de curtume bruto (não compostado), são resultantes da liberação imediata do N orgânico e subsequente transformação em forma e teores suficientes para o desenvolvimento normal das plantas.

Porém, plantas cultivadas em substratos que recebem lodo de curtume compostado, apresentam valores de crescimento semelhantes aos sem aplicação, e a falta de resposta da cultura pode ser devido a maior estabilização do N no composto, que promove sua liberação lenta com disponibilidade somente em médio e longo prazo (Bar-tal et al., 2004; Araújo et al., 2008). Assim, explica-se o fato da ausência de efeito do lodo de curtume no crescimento das plantas de açaí, pois o lodo de curtume utilizado no experimento foi coletado em uma pilha de lodo previamente depositada no leito de secagem da ETE da empresa, e submetido a 35 dias de secagem, ou seja, já se apresentava na fase inicial de estado de lodo de curtume compostado.

Em experimento realizado com a aplicação de lodo de esgoto em Argissolo, nas doses de 0, 3,4, 13,5, 23,6, 33,7 t ha<sup>-1</sup>, que correspondia a 120, 480, 840 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> de N total, verificou-se que a volatilização de amônia é mais intensa durante os 30 primeiros dias após aplicação no solo (Martines et al., 2010). Além disso, a utilização de lodo de curtume com elevados teores de Cr diminui a mineralização do N por uma ação direta do metal sobre a população microbiana, deste modo, na aplicação agrícola, uma baixa taxa de mineralização dificultaria a utilização do lodo em culturas agrícolas devido à baixa taxa de mineralização que ocorre de forma uniforme e lenta (Alcântara et al., 2007).

O aumento da proporção de lodo de curtume, promoveu modificações químicas ( $p < 0,05$ ) nos valores de pH e teores de matéria orgânica (M.O), N, K, Ca, Mg e Na nos diferentes substratos testados (Tabela 1).

Os valores de pH aumentaram, a partir da aplicação de 50% de lodo de curtume, mantendo-se constante até o tratamento com maior proporção de lodo. O lodo de curtume eleva o pH do solo por ser um material neutralizante (Gianello et al., 2011), e pode manter os níveis de pH do solo semelhantes aos observados com aplicação de calcário (Kray et al., 2008). Em experimento realizado em casa de vegetação testando doses de lodo de curtume (2,5 e 5,0 t ha<sup>-1</sup>) in natura e compostado, associado com fosfato natural em Argissolo Amarelo distróférico cultivado com milho, houve aumento do pH de 5,8 a 6,6 com aplicação de lodo de curtume in natura 60 dias após o plantio (Araújo et al., 2008).

Para o teor de M.O, Ca e Na os incrementos significativos foram observados, a partir da aplicação de 70% de lodo de curtume. Este resultado foi semelhante ao observado em estudo conduzido em casa de vegetação, utilizando doses crescentes de lodo de curtume (11,6, 23,2 e 46,5 t ha<sup>-1</sup>) adicionado em Neossolo flúvico cultivado com caupi, que além do aumento

do pH (6,7 para 7,7), houve elevação nos teores de matéria orgânica (8,0 para 58,0 g kg<sup>-1</sup>), cálcio (2,1 para 7,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e sódio (0,19 para 0,58 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) do solo (Teixeira et al., 2006). Este aumento de Ca e Na, pode ser devido ao elevado conteúdo destes elementos no lodo de curtume. Com base nisso, deve-se atentar para que os teores de Na não aumente a salinidade do substrato e promova prejuízos ao crescimento e desenvolvimento vegetal (Costa et al., 2001). Em experimento com mudas de *Tagetes patula* L. "Aurora", cultivadas em vasos, estas apresentaram boa tolerância a presença de até 50% de lodo de curtume no substrato, entretanto com o aumento na proporção de lodo de curtume, houve redução no crescimento vegetal devido ao teor de Na e salinidade elevada (Daudt et al., 2007). Entretanto, em experimento realizado em vaso testando diferentes relações entre os cátions cálcio, potássio e sódio na produção de matéria seca e acúmulo de macronutrientes em mudas de açaizeiro, verificou-se que as mudas não são afetadas pela presença do sódio no meio de cultivo (Sousa et al., 2004).

Para o teor de Mg e N-total aumentos significativos só foram observados no tratamento com 50% e 80% de lodo de curtume, respectivamente. Para o teor de K o incremento significativo foi observado somente com a aplicação de 100% de lodo de curtume. Isto ocorre devido o lodo de curtume apresentar baixo teor de K na sua composição (Barros et al., 2011), promovendo pouca alteração no teor de K disponível no solo (Teixeira et al., 2006).

O aumento da proporção de lodo de curtume promoveu modificações ( $p < 0,05$ ) nos teores de elementos potencialmente tóxicos presentes nos diferentes substratos testados (Tabela 2).

Para os teores de Fe, Pb e Zn aumentos significativos ( $p < 0,05$ ) foram observados, a partir do uso de substratos com 50% de lodo de curtume. Enquanto, que os teores de Cr e Mn aumentaram significativamente com 70% de lodo de curtume. Os teores de Cd e Cu aumentaram significativamente com uso de 100% de lodo de curtume no substrato.

O uso de substrato com 100% de lodo de curtume aumentou o teor de Cd em níveis tóxicos, acima dos valores orientadores de intervenção agrícola (3,0 mg kg<sup>-1</sup>) (CONAMA, 2009). Ou seja, o teor de Cd no substrato com 100% de lodo de curtume apresentava riscos potenciais, diretos ou indiretos, ao meio ambiente e à saúde humana (CONAMA, 2009).

Com a aplicação de 100% de lodo de curtume, o teor de Cr estava acima do valor de referência de qualidade (40 mg kg<sup>-1</sup>) (CETESB, 2005), ou seja, estava acima do valor que define um solo limpo para este elemento químico. Em experimento em condições de casa de vegetação, à aplicação de 15, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup>

**Tabela 1.** Valores de pH, teor de matéria orgânica e nutrientes no substrato 180 dias após o cultivo de plantas de açaizeiro

Análise	Tratamento <sup>1</sup>					
	Controle	50%	70%	75%	80%	100%
	água (1:2,5)					
pH	5,2 b	7,0 a	7,1 a	7,1 a	7,1 a	7,0 a
	g kg <sup>-1</sup>					
M.O	0,68 c	88,65 bc	160,25 ab	177,29 ab	197,07 ab	279,58 a
N	1,99 c	5,58 bc	5,57 bc	7,97 bc	9,57 b	18,34 a
K	0,00 b	0,00 b	0,03 b	0,04 ab	0,05 ab	0,13 a
Ca	0,00 e	7,69 de	15,50 cd	24,79 bc	31,23 b	77,67 a
Mg	0,01 d	0,35 c	0,52 bc	0,67 b	0,70 b	1,40 a
Na	0,04 c	0,48 c	0,91 b	1,03 b	1,11 b	2,25 a

<sup>1</sup> média de cinco repetições; <sup>2</sup> médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) pelo teste Tukey

**Tabela 2.** Teores de elementos químicos potencialmente tóxicos presente no substrato 180 dias após cultivo com plantas de açaizeiro

Elemento	Tratamento <sup>1</sup>					
	Controle	50%	70%	75%	80%	100%
	mg kg <sup>-1</sup>					
Cd	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	12,4 a
Cr	0,0 c	21,4 bc	29,8 ab	31,7 ab	25,4 abc	52,7 a
Cu	5,1 ab	2,6 b	3,1 ab	3,2 ab	3,2 ab	5,9 a
Fe	25,7 c	407,2 b	511,1 b	747,7 b	619,4 b	1157,5 a
Mn	0,0 c	6,8 bc	11,8 b	12,6 b	13,4 b	23,4 a
Pb	0,0 b	9,3 a	10,8 a	9,9 a	10,0 a	15,2 a
Zn	1,7 d	16,3 c	21,9 bc	29,7 b	31,1 b	64,1 a

<sup>1</sup>média de cinco repetições; <sup>2</sup>médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) pelo teste Tukey

de lodo de curtume, em Argissolo Vermelho distrófico arênico cultivado com rabanete e sorgo, promoveu um aumento crescente no teor de Cr no solo, atingindo-se teores de até 154 mg Cr kg<sup>-1</sup> com a maior dose aplicada (Cavallet et al., 2007). A aplicação de lodo de curtume em três tipos de solos do estado do Rio Grande do Sul (Plintossolo Argilúvico distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e Latossolo Vermelho distroférico), aumentou o teor médio de Cr nos três solos estudados, alcançando os valores de 175 mg kg<sup>-1</sup> (Gianello et al., 2011).

Deste modo, se aplicação de lodo de curtume aumenta o teor de Cr no solo, este deve ser utilizado com critérios definidos, de modo a não causar poluição ambiental e prejuízos à saúde humana (Costa et al., 2001). Como o lodo de curtume utilizado no experimento apresentava na sua composição 66,21 mg Cr kg<sup>-1</sup>, abaixo da concentração máxima permitida de 1000 mg Cr kg<sup>-1</sup> (CONAMA, 2006), este não causaria problemas de poluição ambiental, considerando o uso de substrato com a menor proporção de lodo de curtume (50%) que elevou o teor de Cr no substrato para o valor de 21,4 mg kg<sup>-1</sup>.

Para os demais elementos químicos, os teores estavam dentro da faixa considerada como referência de qualidade do solo: Cu (<35 mg kg<sup>-1</sup>), Pb (<17 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (<60 mg kg<sup>-1</sup>) (CONAMA, 2009).

## Conclusões

O uso do lodo de curtume não aumenta o crescimento das plantas de açaizeiro, aos 180 dias de após o plantio.

O lodo de curtume possui efeito de neutralização da acidez, eleva os teores de matéria orgânica, N-total, Ca, Mg e Na, porém com pouca contribuição na elevação do K.

Os teores de elementos potencialmente tóxicos no substrato aumentam, porém, em níveis que não causam problemas ambientais.

## Literatura Citada

- Alcântara, M. A. K. de; Aquino Neto, V. de; Camargo, O. A. de; Cantarella, H. Mineralização do nitrogênio em solos tratados com lodos de curtume. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.4, p.547-555, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400013>>.
- Araújo, F. F. de; Tiritan, C. S.; Pereira, H. M.; Caetano Júnior, O. Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e fosforita. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.5, p.507-511, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000500011>>.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 10004/2004: resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71p.
- Barros, I. T.; Andreoli, C. V.; Souza Junior, I. G. de; Costa, A. C. S. da. Avaliação agrônômica de biossólidos tratados por diferentes métodos químicos para aplicação na cultura do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.6, p.630-638, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000600014>>.
- Bar-tal, A.; Yermiyahu, U.; Beraud, J.; Keinan, M.; Rosenberg, R.; Zohar, D.; Rosen, V.; Fine, P. Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. *Journal of Environment Quality*, v.33, n.5, p.1855, 2004. <<http://dx.doi.org/10.2134/jeq2004.1855>>.
- Bastos, N. de S.; Merizio, T.; Araújo, F. F. Desenvolvimento de mudas de alface em substrato comercial enriquecido com lodo de curtume. *Colloquium Exactarum*, v.3, n.1, p.18-21, 2011. <<http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ce/article/viewFile/570/910>>. 28 Fev. 2014.
- Cavallet, L. E.; Selbach, P. A.; Gianello, C. Concentração de cromo no sistema solo-planta-percolado em função da aplicação de resíduos de curtume em um argissolo de estância velha (rs). *Scientia Agraria*, v.8, n.1, p.87-93, 2007. <<http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v8i1.8347>>.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo - 2005. <[http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/42/2013/11/tabela\\_valores\\_2005.pdf](http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/42/2013/11/tabela_valores_2005.pdf)>. 04 Mar. 2014.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais. Resolução n. 313, de 29 de outubro de 2002. *Diário Oficial da União*, n.226, seção 1, p.85-91, 2002. <<http://www.mp.pi.gov.br/internet/phocadownload/artigos/892.pdf>>. 22 Jul. 2015.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Resolução n. 375, de 29 agosto de 2006. *Diário Oficial da União*, n. 167, Seção 1, p.141-146, 2006. <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>>. 05 Mar. 2014.

- Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Resolução n. 420, de 28 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União, n. 249, Seção 1, p.81-84, 2009. <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. 04 Mar. 2014.
- Costa, C. N.; Castilhos, D. D.; Castilhos, R. M. V.; Konrad, E. E.; Passianoto, C. C.; Rodrigues, C. G. Efeito da adição de lodos de curtume sobre as alterações químicas do solo, rendimento de matéria seca e absorção de nutrientes em soja. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.7, n.3, p.189-191, 2001. <<http://www2.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v7n3/artigo05.pdf>>. 05 Mar. 2014.
- Daudt, R. H. S.; Gruszynski, C.; Kämpf, A. N. Uso de resíduos de couro wet-blue como componente de substrato para plantas. *Ciência Rural*, v.37, n.1, p.91-96, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000100015>>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS, 2006. 306p.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>>.
- Gee, G. W.; Bauder, J. W. Particle-size anaylis. In: Kluter, A. (Ed.). *Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society American, 1986. p.383-411, (Agronomy Series, n. 9)
- Gianello, C.; Domaszak, S. C.; Bortolon, L.; Kray, C. H.; Martins, V. Viabilidade do uso de resíduos da agroindústria coureiro-calçadista no solo. *Ciência Rural*, v.41, n.2, p.242-245, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011005000007>>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Efetivo dos rebanhos por tipo de rebanho. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?z=t&o=24&i=P>>. 01 Jun. 2013.
- Konrad, E. E.; Castilhos, D. D. Alterações químicas do solo e crescimento do milho decorrentes da adição de lodos de curtume. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, n.1, p.257-265, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832002000100027>>.
- Kray, C. H.; Tedesco, M. J.; Bissani, C. A.; Gianello, C.; Silva, K. J. da. Tannery and coal mining waste disposal on soil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n. spe, p.2877-2882, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000700035>>.
- Martines, A. M.; Nogueira, M. A.; Santos, C. A.; Nakatani, A. S.; Andrade, C. A.; Coscione, A. R.; Cantarella, H.; Sousa, J. P.; Cardoso, E. J. Ammonia volatilization in soil treated with tannery sludge. *Bioresource Technology*, v.101, n.12, p.4690-4696, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.104>>.
- Oliveira, M. do S. P. de; Farias Neto, J. T. de. Cultivar BRS-Pará: açaizeiro para produção de frutos em terra firme. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 3p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 114). <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/CultivarPara\\_com\\_tec114\\_000gbz4siqs02wx5ok01dx9lc5f4h1bo.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/CultivarPara_com_tec114_000gbz4siqs02wx5ok01dx9lc5f4h1bo.pdf)>. 02 Jul. 2014.
- Ribeiro, A. C.; Guimares, P. T. G.; Alvarez, V., V. H. (Eds.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.
- Santos, J. A.; Nunes, L. A. P. L.; Melo, W. J. de; Figueiredo, M. B. V.; Singh, R. P.; Bezerra, A. A. C.; Araújo, A. S. F. de. Growth, nodulation and nitrogen fixation of cowpea in soils amended with composted tannery sludge. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.6, p.1865-1871, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000600003>>.
- Silva, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.
- Silva, J. D. da C.; Leal, T. T. B.; Araújo, R. M.; Gomes, R. L. F.; Araújo, A. S. F. de; Melo, W. J. Emergência e crescimento inicial de plântulas de pimenta ornamental e celosia em substrato à base de composto de lodo de curtume. *Ciência Rural*, v.41, n.3, p.412-417, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011000300008>>.
- Sousa, H. U. de; Ramos, J. D.; Carvalho, J. G. de; Ferreira, E. A. Nutrição de mudas de açaizeiro sob relações cálcio:potássio:sódio em solução nutritiva. *Ciência e Agrotecnologia*, v.28, n.1, p.56-62, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542004000100007>>.
- Souza, E. R. B. de; Borges, J. D.; Leandro, W. M.; Oliveira Júnior, J. P. de; Oliveira, I. P. de.; Ximenes, P. A.; Carneiro, M. F.; Barros, R. G. Teores de metais tóxicos nas folhas de plantas de milho fertilizadas com lodo de curtume. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.35, n.2, p.117-122, 2007. <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/2259/2219>>. 28 Fev. 2014.
- Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S. J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)
- Teixeira, K. R. G.; Gonçalves Filho, L. A. R.; Carvalho, E. M. S.; Araújo, A. S. F. de; Santos, V. B. dos. Efeito da adição de lodo de curtume na fertilidade do solo, nodulação e rendimento de matéria seca do Caupi. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.6, p.1071-1076, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000600004>>.