



Lodo de curtume como corretivo de acidez e fertilizante no solo ⁽¹⁾.

Márcio Maitan Goes Santos ⁽²⁾; Leônidas Carrijo Azevedo Melo ⁽³⁾; Leonardus Vergutz ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do convênio SIF-UFV 1161

⁽²⁾ Estudante de Agronomia; Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG; leonidas.melo@dcs.ufla.br; ⁽⁴⁾ Professor; Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

RESUMO: O aproveitamento de resíduos na agricultura é necessário para diminuir a pressão sobre fontes não renováveis de fertilizantes minerais. O lodo de curtume (lodo de caleiro) tem potencial para ser utilizado como fertilizante orgânico e como corretivo de acidez, devido à sua composição química. O objetivo foi avaliar o uso de um lodo de caleiro como corretivo de acidez e fonte de nutrientes para o eucalipto em casa de vegetação. Um primeiro experimento foi realizado para se obter as curvas de neutralização em um solo franco-argilo-arenoso. Outro experimento com doses de lodo de caleiro foi conduzido em casa de vegetação para se avaliar a capacidade deste material em corrigir a acidez do solo e fornecer nutrientes para o eucalipto. Verificou-se que o lodo tem um poder relativo de neutralização total (PRNT) equivalente a 46% e, portanto, pode substituir a calagem. As doses de lodo aplicadas não aumentaram a produção de matéria seca do eucalipto, mas aumentaram o acúmulo de Ca. O lodo de caleiro pode ser usado como corretivo de acidez e fertilizante para o eucalipto. Sua recomendação deve ser baseada na recomendação de calcário (método da saturação por bases).

Termos de indexação: reciclagem; resíduos orgânicos; eucalipto.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de couro, processando cerca de 42 milhões de peles por ano, sendo que cada pele processada gera, em média, 4,5 kg (base seca) de lodo (Martines et al., 2010). O destino final de todo esse lodo na maioria das vezes são os aterros sanitários, o que torna a disposição final desse resíduo um processo oneroso à indústria. Uma alternativa para diminuir os custos da indústria de couro (e também o seu passivo ambiental) é dar um uso alternativo a esse resíduo. Dentre as várias possibilidades existe o uso desse resíduo (ou parte dele) para o fornecimento de nutrientes para as plantas. Porém, a aplicação direta deste resíduo no solo como fertilizante para cultivo de plantas deve ser feita com cautela. Isso porque alguns fatores podem ser restritivos, já que, em geral, o lodo de curtume é caracterizado por um pH elevado e altas

concentrações de N, S, Ca, Na e Cr (Martines et al., 2010), podendo afetar negativamente a qualidade do solo.

O processamento das peles nos curtumes gera dois tipos de lodo, sendo o primeiro denominado “lodo do caleiro” e o segundo “lodo do tratamento primário” (Martines, 2009). O lodo do caleiro geralmente não apresenta Cr na sua composição e pode se enquadrar como um resíduo para uso como fertilizante, pois o mesmo apresenta bons teores de P, Ca e S, além de certo poder neutralizante em função do tratamento com cal. Esse poder neutralizante é desejável no resíduo, pois a maioria dos solos brasileiros tem acidez elevada.

Uma cultura que se encontra em plena expansão no Brasil e que pode se beneficiar do uso desse resíduo como fertilizante é a cultura do eucalipto. Por não representar cultura que serve de alimento para o consumo humano, o uso de resíduos para a fertilização dos solos cultivados com eucalipto é um processo menos problemático.

O eucalipto é uma cultura muito exigente em Ca e, ao mesmo tempo, tolerante a acidez do solo, de modo que o fornecimento adequado de Ca aumenta a produtividade do eucalipto. O uso do lodo de caleiro na cultura do eucalipto é interessante, pois além de potencial agente neutralizante da acidez do solo ele também é fonte de nutrientes (especialmente o Ca) e de matéria orgânica.

O objetivo foi avaliar o uso de um lodo de caleiro como corretivo de acidez e fonte de nutrientes para o eucalipto em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostra de um solo (cerca de 300 kg) cultivado com eucalipto foi coletada em uma área próxima ao curtume no município de Claraval-MG. O solo foi coletado na camada de 0-20 cm, passado em peneira de 4 mm, homogeneizado e seco ao ar. Três subamostras foram coletadas e passadas em peneira de 2 mm (terra fina seca ao ar – TFSA) para posterior caracterização química e física (granulometria).

Uma amostra de lodo de caleiro proveniente do curtume foi seca ao ar, passada em peneira de 2 mm e caracterizada segundo a Resolução 375/2006 (CONAMA, 2006).



Para determinar o equivalente em CaCO_3 do lodo de caleiro foi realizado um experimento de incubação em casa de vegetação, com duração de 45 dias. O solo coletado, após seco, peneirado ($< 4,0$ mm) e homogeneizado foi colocado em potes plásticos contendo 200 g. Nestes potes foram adicionadas doses de lodo equivalentes a 5; 10; 20; 40 e 80 t ha^{-1} (base seca). Além disso, foram colocadas doses de CaCO_3 p.a. equivalentes a 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 t ha^{-1} . A umidade nos potes foi mantida a $\pm 70\%$ da capacidade máxima de retenção de água.

Um experimento em casa de vegetação foi montado em outubro de 2014 e conduzido até fevereiro de 2015. Três dm^3 de solo foram colocados em cada vaso e as doses de lodo aplicadas foram equivalentes a 0,0 (controle); 1,0; 2,0; 5,0 e 10,0 t ha^{-1} (base seca). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições. A umidade dos vasos foi mantida a $\pm 70\%$ da capacidade máxima de retenção de água. Foi transplantada e conduzida uma muda de eucalipto por vaso. Após 120 dias de cultivo a parte aérea do eucalipto foi colhida, seca em estufa com circulação forçada de ar e, posteriormente, cada tratamento foi pesado para medir a produção de massa de matéria seca. Depois, o material foi moído em moinho de aço inoxidável e o material vegetal foi digerido com uma mistura de ácido nítrico e perclórico em bloco digestor de 40 provas. Ao final do processo de digestão o extrato foi diluído com água deionizada para o volume final de 25 mL e filtrado, para posterior determinação dos elementos em ICP-OES.

Após o cultivo do eucalipto, uma amostra de solo foi retirada de cada vaso, seca ao ar e passada em peneira de 2 mm, para posterior análise química.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e estudo de regressão ($p < 0,05$) ou teste de comparação de médias (Tukey, $p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo coletado tem textura franco-argilo-arenosa e encontrava-se sob cultivo de eucalipto (Tabela 1). O solo nas condições em que foi coletado apresentava acidez elevada, conforme pode ser observado pelo baixo pH em água e elevado teor de Al^{3+} trocável (Tabela 1). Apesar disso, o mesmo possuía médio ou bom teor de macro e micronutrientes, provavelmente devido a adubações anteriores por se tratar de solo cultivado.

No processo de geração do lodo de caleiro o principal componente adicionado ao resíduo é a cal virgem. Em função disso, o lodo apresenta elevada alcalinidade ($\text{pH} \approx 12$) e alto teor de Ca ($\approx 88 \text{ g kg}^{-1}$) (Tabela 1). Além disso, o lodo também possui quantidades significativas de N, S e P (todos da ordem de g kg^{-1}). Os teores de metais contaminantes estão muito abaixo da concentração máxima permitida pela legislação. Estas características credenciam este material como corretivo de acidez do solo, além de fertilizante para fornecimento de nutrientes.

Tabela 1 - Análise química do solo e do lodo de caleiro utilizado nos experimentos.

Solo	Valores	Lodo	Valores
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	$4,9 \pm 0,1$	$\text{pH} (\text{H}_2\text{O})$	$12,0 \pm 0,1$
P (mg dm^{-3})	13 ± 1	Umidade (%)	$10 \pm 0,1$
K (mg dm^{-3})	58 ± 1	CE (mS cm^{-1})	$6,5 \pm 0,2$
Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	$1,8 \pm 0,1$	ST (%)	$34 \pm 0,5$
Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	$0,5 \pm 0,0$	MO (dag kg^{-1})	56 ± 1
Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	$1,1 \pm 0,2$	NT (g kg^{-1})	$25,8 \pm 0,2$
H+Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	$7,6 \pm 0,2$	K (mg kg^{-1})	48 ± 3
SB ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	$2,4 \pm 0,1$	Ca (g kg^{-1})	88 ± 2
t ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	$3,5 \pm 0,3$	Mg (g kg^{-1})	$0,4 \pm 0,0$
T ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	$10 \pm 0,2$	P (g kg^{-1})	$6,3 \pm 0,2$
MO (dag kg^{-1})	$2,1 \pm 0,3$	S (g kg^{-1})	$8,8 \pm 0,4$
P-rem (mg L^{-1})	24 ± 1	Al (g kg^{-1})	$0,6 \pm 0,2$
V (%)	24 ± 1	Cu (mg kg^{-1})	$4,8 \pm 0,3$
m (%)	30 ± 2	Fe (mg kg^{-1})	761 ± 142
S (mg dm^{-3})	$9,8 \pm 0,2$	Zn (mg kg^{-1})	$10 \pm 1,5$
Zn (mg dm^{-3})	$6,9 \pm 1,3$	Mn (mg kg^{-1})	$1,8 \pm 0,1$
Areia (dag kg^{-1})	67 ± 1	Ni (mg kg^{-1})	$2,1 \pm 0,2$
Silte (dag kg^{-1})	10 ± 2	Pb (mg kg^{-1})	$3,9 \pm 0,2$
Argila (dag kg^{-1})	23 ± 1	Cr (mg kg^{-1})	$4,2 \pm 0,7$

MO – matéria orgânica; SB – soma de bases; t – capacidade de troca de cátions efetiva; T – capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V – saturação por bases; m – saturação por Al^{3+} ; CE – condutividade elétrica; ST – sólidos totais; NT – nitrogênio total. Valores representam a média ($n = 3$) \pm desvio-padrão.

A elevação do pH do solo com a aplicação de doses de lodo de caleiro foi mais acentuada do que aquela com CaCO_3 (Figura 1). Isso foi devido às doses mais elevadas de lodo que foram adicionadas (até 80 t ha^{-1}), em comparação às de CaCO_3 (até 8 t ha^{-1}). Fixando-se o valor desejado de pH do solo em 6,5, o lodo de caleiro apresenta um PRNT equivalente a 46% (equivalente a 460 g de CaCO_3 por kg de lodo). Portanto, como a resolução 375 do CONAMA estabelece que as doses de lodo devam ser baseadas no fator mais restritivo, neste caso a alcalinidade do material é o fator que deve ser levado em conta para definição das doses. A dose máxima de lodo de caleiro a ser aplicada neste solo, visando atingir o pH de 6,5 (ideal para cultivos agrícolas) seria de até 12 t ha^{-1} . Vale ressaltar que estas curvas de incubação são específicas para este solo. Para solos com poder tampão de acidez diferentes do presente estudo estes valores serão diferentes.

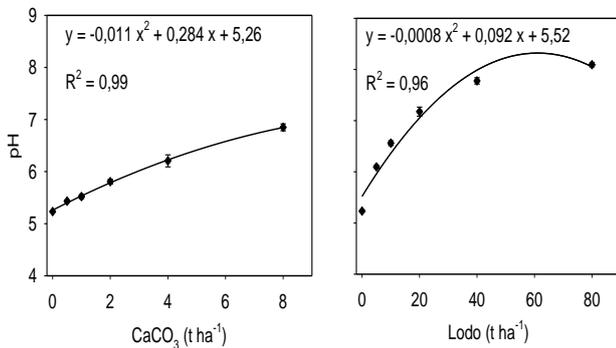


Figura 1 - Curvas de incubação de solo com doses de CaCO_3 e de lodo de caleiro.

Mesmo após o cultivo do eucalipto a aplicação de doses de lodo de caleiro manteve o pH do solo mais elevado em relação ao controle na dose de 10 t ha^{-1} (Tabela 2). Ou seja, mesmo após o cultivo de eucalipto no vaso durante 120 dias a dose mais elevada (i.e. 10 t ha^{-1}) de lodo apresentou efeito na redução da acidez do solo. Isso pode ser considerado como um efeito residual da aplicação do lodo de caleiro.

Houve um aumento significativo ($p < 0,05$) da capacidade de troca de cátions efetiva do solo (t), a qual é proveniente do aumento do pH (aumento de cargas negativas) e do teor de Ca^{2+} trocável fornecido pelo lodo de caleiro, o qual também apresentou aumento significativo ($p < 0,05$) a partir da dose de 5 t ha^{-1} (Tabela 2). Os demais nutrientes medidos não sofreram alteração devido à aplicação de lodo, com exceção do P que teve um ligeiro aumento em todas as doses de lodo adicionadas. Porém, todos os nutrientes apresentaram níveis adequados. Isto indica que os teores de nutrientes no solo não apresentavam limitação ao crescimento e desenvolvimento de plantas. Assim, o principal efeito da aplicação de lodo no solo foi como corretivo da acidez e no fornecimento de Ca no solo.

As doses de lodo de caleiro não apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) na produção de matéria seca de eucalipto, mas aumentaram o acúmulo de Ca no eucalipto (Figura 2).

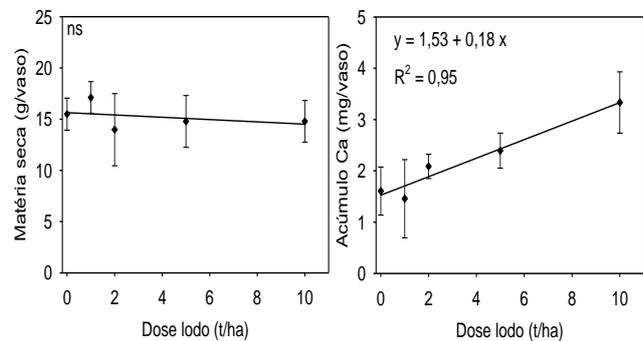


Figura 2 - Produção de matéria seca de eucalipto e acúmulo de Ca influenciadas por doses de lodo de caleiro. ns – não significativo.

Esse aumento no acúmulo de Ca é reflexo de sua maior disponibilidade no solo, conforme discutido anteriormente. Os demais nutrientes avaliados não foram influenciados pela aplicação de lodo. Tal resultado reforça que o lodo de caleiro pode atuar tanto como corretivo de acidez quanto no fornecimento de Ca para o eucalipto.

CONCLUSÕES

O lodo de caleiro pode ser usado como corretivo de acidez do solo e no fornecimento de Ca para o eucalipto.

A recomendação da dose deve ser baseada no poder neutralizante do lodo de caleiro, uma vez que esse é o fator mais limitante.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. 32p.

Martines, A. M. Avaliação agronômica e ambiental da disposição de lodo de curtume no solo. Tese de doutorado. ESALQ/USP, 2009. 84 p.

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.B.N. Ammonia volatilization in soil treated with tannery sludge. *Bioresource Technology*, 101:4690–4696, 2010.

Tabela 2 – Alteração de atributos do solo pela adição de doses de lodo de curtume

Atributo	Dose de lodo (t/ha)				
	0,0	1,0	2,0	5,0	10,0
pH	5,0 ± 0,2 b	5,4 ± 0,3 ab	5,2 ± 0,4 b	5,3 ± 0,1 b	5,5 ± 0,3 a
t (cmol _c dm ⁻³)	3,2 ± 0,4 b	3,6 ± 0,1 b	3,6 ± 0,3 b	3,9 ± 0,2 a	4,2 ± 0,4 a
V (%)	26,3 ± 4,0 b	33,4 ± 2,1 b	33,4 ± 4,3 b	37,4 ± 2,9 a	40,7 ± 5,0 a
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,5 ± 0,5 b	3,2 ± 0,3 b	3,2 ± 0,4 b	3,6 ± 0,3 a	4,0 ± 0,5 a
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,9 ± 0,3 c	2,6 ± 0,2 c	2,6 ± 0,3 c	3,0 ± 0,3 b	3,4 ± 0,5 a
P (mg dm ⁻³)	14,0 ± 0,7 b	16,4 ± 0,5 a	16,8 ± 2,6 a	15,9 ± 0,3 a	16,6 ± 1,4 a