
DOSE DE CAL HIDRATADA E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM LODO DE ESGOTO DOMÉSTICO SUBMETIDO À CALEAÇÃO

Mateus Pimentel de Matos¹, Antonio Teixeira de Matos²

RESUMO

O lodo de esgoto doméstico, após ter sido higienizado com a adição de cal, pode ter aproveitamento agrícola efetuado como corretivo de acidez e de fertilidade. Entretanto, pouco se conhece das características do lodo de esgoto após ter sido submetido à caleação. Por esta razão, objetivou-se, com a realização deste trabalho, definir as doses de cal para higienização de um lodo gerado no tratamento primário de esgoto doméstico, apresentar suas características químicas, após executada a caleação, além de obter as doses para aplicação em áreas de parques e jardins. O lodo analisado foi coletado no leito de secagem da ETE José Cirilo, Muriaé, MG, e após ser peneirado (malha 2 mm), foi obtida a sua curva de incubação, adicionando-se diferentes doses (0, 25, 50, 100, 150, 200 e 250 kg m⁻³) de cal hidratada, Ca(OH)₂. Para se manter o pH ligeiramente superior a 12, por mais de 2 h após ter sido realizada a mistura, a dose de cal a ser aplicada deve ser de 43,2 kg m⁻³, e por 72 h deve ser de 71,2 kg m⁻³. Aplicada a dose de 71,2 kg m⁻³ no lodo, o material foi submetido à digestão nítrico-perclórico para quantificação das concentrações totais de N, P, K, Ca, Fe, Na, Mg, Cr, Ni, Cd, Pb, Cu, Mn e Zn. Os valores obtidos, em g kg⁻¹, foram de 10,08 de N; 3,63 de P; 2,80 de K; 3,16 de Ca; e 52,53 de Fe, enquanto que, em mg kg⁻¹, foram de 268,75 de Mg; 33,50 de Ni; 2,25 de Pb; 119,75 de Cu; 499,00 de Mn; e 395,50 de Zn. O Cd e o Cr não foram detectados.

Palavras-chave: higienização, resíduos sólidos, tratamento sanitário

ABSTRACT

DOSE OF LIME AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF LIMED SEWAGE SLUDGE

The sewage sludge, after being sanitized with the addition of lime, can be used to correct soil acidity and improve fertility. However, little is known about the post-liming characteristics of sewage sludge. This work was done to define the dose of lime for hygienization of sludge generated during the primary treatment of domestic sewage, determine chemical characteristics after liming, and determine application rate for use in parks and gardens. The sludge was collected from sewage drying bed of treatment Plant José Cirilo, Muriaé, MG. After sieving (2 mm mesh) an incubation curve was generated by adding different doses (0, 25, 50, 100, 150, 200 and 250 kg m⁻³) of hydrated lime. The data revealed that to keep the pH slightly above 12 for more than 2 h, liming dose should be 43.20 kg m⁻³ and if this pH is to be maintained for 72 h the application rate should be increased to 71.20 kg m⁻³. The sludge treated at the rate of 71.2 kg m⁻³, was subjected to nitric-perchloric digestion to quantify total N, P, K, Ca, Fe, Na, Mg, Cr, Ni, Cd, Pb, Cu, Mn and Zn. The values, in g kg⁻¹, were 10.08 of N, 3.63 of P, 2.80 of K, 3.16 of Ca and 52.53 of Fe, while, in mg kg⁻¹, 268.75 of Mg, 33.50 of Ni, 2.25 of Pb, 119.75 of Cu, 499.00 of Mn and 395.50 of Zn. The Cd and Cr were not detected.

Keywords: sanitation, solid waste, sanitary treatment

Recebido para publicação em 21/11/2011. Aprovado em 24/05/2012.

1- Engenheiro Agrícola e Ambiental, Doutorando em Saneamento, UFMG, Belo Horizonte-MG.; mateus.matos@ufv.br

2- Engenheiro Agrícola, Prof. Associado, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG

INTRODUÇÃO

O aproveitamento agrícola do lodo de esgoto apresenta-se com uma das alternativas mais viáveis para disposição final deste resíduo, em vista dos benefícios que ele pode trazer ao solo. A aplicação desses bio-sólidos aumenta a absorção de nutrientes pelas culturas, com ganho de produtividade, desde que a adubação seja feita em doses adequadas, já que, caso isso não seja observado, há o risco de salinização e/ou, contaminação do solo e de águas subterrâneas e superficiais. Em razão de sua riqueza em termos de nutrientes e de matéria orgânica a disposição do lodo no solo é uma das alternativas técnicas e ambientalmente viáveis, considerando-se a pobreza química generalizada dos solos brasileiros, além de proporcionar maior vida útil aos aterros sanitários, que deixariam de ser ocupados com este resíduo (FIA *et al.*, 2006).

Entretanto, ao se aplicar lodo de esgoto doméstico no solo, torna-se necessária a sua higienização prévia, a fim de se evitar riscos sanitários aos agricultores e consumidores dos produtos agrícolas ou usuários das áreas receptoras do resíduo. O risco sanitário proporcionado pelo lodo pode ser minimizado por meio da adoção de técnicas de higienização que concorram para a eliminação dos organismos patogênicos presentes (ANDREOLI, 2001). Ainda, segundo o autor, dentre os processos de higienização e estabilização do lodo de esgoto, a caleação é um dos mais difundidos, o que é decorrente, principalmente, do seu baixo custo e facilidade operacional.

Na caleação, um tratamento químico é realizado com a adição da cal ao lodo, de forma a elevar seu pH até valores superiores a 12, condição na qual ocorre a inativação ou destruição de grande parte dos agentes patogênicos, além de proporcionar a estabilização química e redução do odor do lodo (SANEPAR, 1997). A dose de cal hidratada para higienização do lodo de esgoto, suficiente para, após 3 dias de incubação, manter o pH ligeiramente superior a 12, deve estar, segundo Malina (1993), citado por Pinto (2001), entre 54 e 154 kg t⁻¹. Fia *et al.* (2005), obtiveram para lodo proveniente de lagoa de maturação que serve como pós tratamento para o esgoto do Condomínio Bosque Acamari, Viçosa, curva de incubação com cal hidratada, para

se obter pH 12, após 72 h de reação, e definiram a dose de 75 kg t⁻¹ de cal hidratada no lodo.

Após a caleação, o lodo se torna básico e, por esta razão deverá ser usado como corretivo de acidez de solo. Como a maior parte dos solos brasileiros é ácida, faz-se necessário a aplicação de corretivos para aumentar o seu potencial produtivo. Desta forma, o uso de lodo caleado pode substituir a aplicação de calcário nos solos, concorrendo para aumento de sua fertilidade.

Fia *et al.* (2006), ao efetuarem a caracterização química do solo, antes e após ter recebido o lodo de esgoto caleado, verificaram grande melhoria na sua fertilidade, com aumento no pH e na disponibilidade de nutrientes e, com isso, aumento na produtividade de milho. Os mesmos autores concluíram que nem mesmo a aplicação das maiores doses de lodo de esgoto caleado proporcionou concentrações de metais pesados, nos solos, que suplantassem os limites recomendados pela legislação ambiental, sendo o crômio o único, entre os metais pesados avaliados, que apresentou concentração crescente com o aumento da dose aplicada.

Com a realização deste trabalho, objetivou-se obter a dose de cal hidratada a ser utilizada na higienização do lodo de esgoto doméstico produzido na ETE José Cirilo, além das suas características químicas, após caleado, seu valor como corretivo e fertilizante para o solo, bem como do risco ambiental que pode proporcionar para áreas de parques e jardins do município de Muriaé-MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O lodo foi coletado no leito de secagem da Estação de Tratamento de Esgotos José Cirilo, localizada em Muriaé, MG, sendo que o material, na ocasião da coleta, encontrava-se em secagem a 75 dias.

O presente estudo pode ser dividido em etapas, sendo elas: higienização do lodo, definição das doses de lodo caleado para correção do pH dos solos em estudo e análise química do lodo caleado, com avaliação de potencial de contaminação do solo.

A curva de incubação do lodo com cal hidratada foi realizada no Laboratório de Solos e Resíduos

Sólidos do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), Universidade Federal de Viçosa (UFV), sendo obtida com a aplicação de diferentes doses de cal hidratada, Ca(OH)_2 , (0, 25, 50, 100, 150, 200 e 250 kg m^{-3}) no material secado ao ar e peneirado (peneira 2 mm).

A mistura recebeu água até ser atingida a capacidade de campo, para favorecimento da reação e, após 2 h e 72 h de efetuada a mistura, o pH do material foi medido em suspensão preparada com solução CaCl_2 0,01 mol L^{-1} (MATOS, 2008).

Uma curva do pH em função da dose de cal foi obtida, para cada tempo após efetuada a mistura. Assim, foram obtidas as menores doses para obtenção de um pH igual a 12. Equações matemáticas foram ajustadas, por regressão, aos dados obtidos no intervalo no qual ocorreu a maior variação do pH com a dose de cal, tendo em vista que a curva atinge um platô, no qual o pH permanece próximo de 13, independente da dose de cal aplicada. As equações de maior coeficiente de determinação foram as escolhidas para descrição matemática do fenômeno em estudo.

Para a caracterização química e definição das doses de aplicação do lodo caleado no solo, foram coletadas amostras nas seguintes praças da cidade de Muriaé, na Zona da Mata Mineira: Carlos Drummond de Andrade, localizada no Bairro Barra (Drum); Dornellas, no Bairro Dornellas (Dorn) e Franco Suíço, no Bairro Santana (Sant). Além de tais pontos, amostras de solo de dois locais do Horto também tiveram suas características avaliadas, sendo estes solos (Horto 1 e Horto 2) utilizados como substrato para a produção de mudas de espécies vegetais arbóreas, de interesse para o setor de parques e jardins do município.

Análise textural do solo foi realizada com a separação das suas frações areia, silte e areia, além do cálculo do teor de água no solo para usar como fator de correção no cálculo da proporção granulométrica. A separação das frações foi efetuada depois da dispersão física e química das amostras de solo, e posteriormente por passagem em peneira e por decantação, no método da Pipeta (EMBRAPA, 1997).

Na caracterização química dos solos, foram realizadas as seguintes determinações: fósforo disponível; cálcio e magnésio trocáveis e alumínio

trocável; sódio e potássio trocáveis e pH, seguindo-se métodos descritos pela EMBRAPA (1997). A concentração de fósforo disponível foi quantificada utilizando-se o espectrofotômetro; a de cálcio e magnésio trocáveis, por titulação com EDTA; a de alumínio trocável por titulação com NaOH e a de sódio e potássio, por fotometria de chama. Todas as análises foram conduzidas no Laboratório de Solos e Resíduos Sólidos do DEA/UFV.

Para se caracterizar, em termos químicos, o lodo caleado e, assim, calcular a quantidade de macro e micronutrientes e metais pesados aplicados no solo, considerando-se a dose de lodo caleado definida para cada solo, realizou-se análise da concentração total desses elementos químicos no material. O nitrogênio total foi quantificado utilizando-se o método Kjeldahl modificado, com a introdução do ácido salicílico para inclusão das formas nítricas (MATOS, 2012). Após digestão nítrico-perclórico das amostras, o potássio e o sódio foram quantificados utilizando-se fotômetro de chama, o fósforo por espectrofotômetro e os demais elementos químicos por espectrofotometria por absorção atômica, sendo todas as análises conduzidas conforme recomendado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 2005).

Para avaliação do potencial de contaminação do solo, comparou-se os valores que serão disponibilizados pela aplicação do lodo caleado, com a Resolução CONAMA nº 375 de 2006, que regulamenta a aplicação de biossólidos de esgoto, quanto a disponibilização de metais pesados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lodo analisado apresentou massa específica igual a 454,5 kg m^{-3} e os resultados de medição do pH, medidos após 2 e 72 horas, em função das diferentes doses de cal hidratada aplicadas, estão apresentados na Tabela 1. A partir dos valores de pH como função da dose de cal, foram obtidas as curvas e as equações apresentadas nas Figuras 1a (2 h) e 1b (72 h).

A análise de tais equações e gráficos indica que, para se manter o pH ligeiramente superior a 12, por 2 h após realizada a mistura, a dose de cal a ser aplicada no lodo deve ser de 29,1 kg m^{-3} ; até 72

h a dose a ser aplicada deve ser de 71,2 kg m⁻³ de lodo, o que corresponde a 64,10 kg t⁻¹ e 156,70 kg t⁻¹, respectivamente. Para dose de cal hidratada a ser aplicada em lodo de esgoto doméstico, a primeira dose está no intervalo, enquanto a outra está pouco acima conforme apresentado por Malina (1993), citado por Fia *et al.* (2005). Os resultados são confirmatórios de que a dose de cal deva aumentar com o tempo de reação, tendo em vista que deverá neutralizar a acidez gerada no processo de degradação biológica. Moreira *et al.* (2006), verificaram que a dose mínima para se atingir valor de pH 12, em 72 horas de reação, foi de 19,4 kg m⁻³. Esse valor é menor que o obtido neste trabalho, entretanto, há de se considerar que os referidos autores avaliaram a caleação em lodo de esgoto doméstico coletado no fundo de uma lagoa de estabilização, material que

esteve submetido a muito tempo de degradação bioquímica.

A caracterização dos solos torna-se necessária para a definição das doses de lodo caleado que serão aplicados. Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da análise granulométrica dos solos avaliados.

De acordo com a porcentagem das frações, os solos H₁, H₂, Dorn e Sant podem ser classificados como muito argilosos, e Drum, como argila. As variáveis químicas analisadas nos solos antes da aplicação do lodo caleado estão apresentadas na Tabela 3.

Na Figura 2a, 2b e 2c estão apresentadas, respectivamente, as curvas e equações ajustadas para pH em função da dose aplicada de lodo caleado, nas amostras de solo H₁, H₂ e Drum. Amostras dos outros solos (Dorn e Sant) não foram analisadas

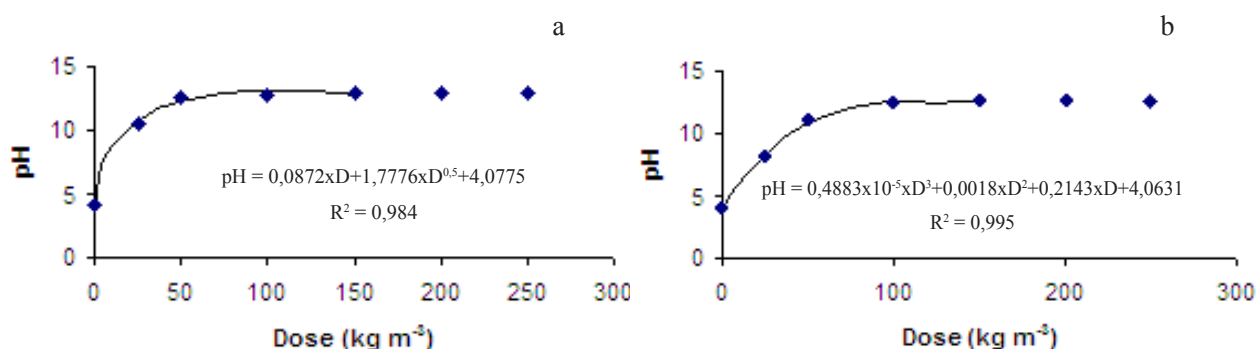


Figura 1. Curva de incubação do lodo de esgoto com cal hidratada, com medição do pH após 2 (a) e 72 horas (b) de realização da mistura.

Tabela 1. Valores de pH do lodo após 2 h e 72 h de incubação com cal hidratada

Dose	pH (2 h)	pH (72 h)
Natural	4,09	4,12
25 kg m ⁻³	10,58	8,20
50 kg m ⁻³	12,68	11,10
100 kg m ⁻³	12,83	12,48
150 kg m ⁻³	12,88	12,56
200 kg m ⁻³	12,90	12,60
250 kg m ⁻³	12,90	12,62

Tabela 2. Composição granulométrica dos solos das diferentes áreas.

	Areia (dag kg ⁻¹)	Silte (dag kg ⁻¹)	Argila (dag kg ⁻¹)
H ₁	23,40	-	76,60
H ₂	33,86	-	66,14
Drum	35,14	5,96	58,90
Dorn	34,54	-	65,46
Sant	29,79	9,06	61,15

por apresentarem, naturalmente, pH maior que 5,5. A partir das equações ajustadas, calculou-se as doses de lodo caledo que proporcionassem elevação do pH para até 6,5, valor este considerado adequado para solos agrícolas. Segundo Fia *et al.* (2005), na faixa de pH de 5,5 a 6,5 proporciona-se a disponibilização de muitos macro (P, Ca, S, N e K) e micronutrientes (B, Mo, Cl e outros) além de redução, no caso de problemas de excesso, da disponibilidade de Cu, Fe, Mn, Zn e Al, os

quais poderiam trazer efeitos tóxicos às plantas. Assim, considerando-se a correção do pH até 6,5, as aplicações recomendadas para os solos H₁, H₂ e Drum seriam, respectivamente de 16,24; 19,27 e 12,64 t ha⁻¹.

As características químicas do lodo caledo, considerando a dose de cal necessária para manter o pH ligeiramente superior a 12 no lodo de esgoto por 72 h após realizada a mistura (71,2 kg de cal por m³ de lodo), estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 3. Caracterização química dos solos analisados.

Variável	H ₁	H ₂	Drum	Dorn	Sant
P (mg.dm ⁻³)	7,79	6,84	10,64	11,40	9,88
K ⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,12	0,06	0,18	0,22	0,21
Na ⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,13
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,60	0,12	2,24	1,68	2,16
Al ³⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,49	0,59	0,20	0,29	0,00
pH	4,61	4,53	5,38	6,02	6,80
SB (cmol _c .dm ⁻³)	0,76	0,22	2,46	1,94	2,50
t (cmol _c .dm ⁻³)	1,25	0,81	2,66	2,23	2,50
m (%)	39,20	72,83	7,52	13,00	0,00

Em que: SB – Soma de bases; t – CTC efetiva e m – saturação por Al³⁺.

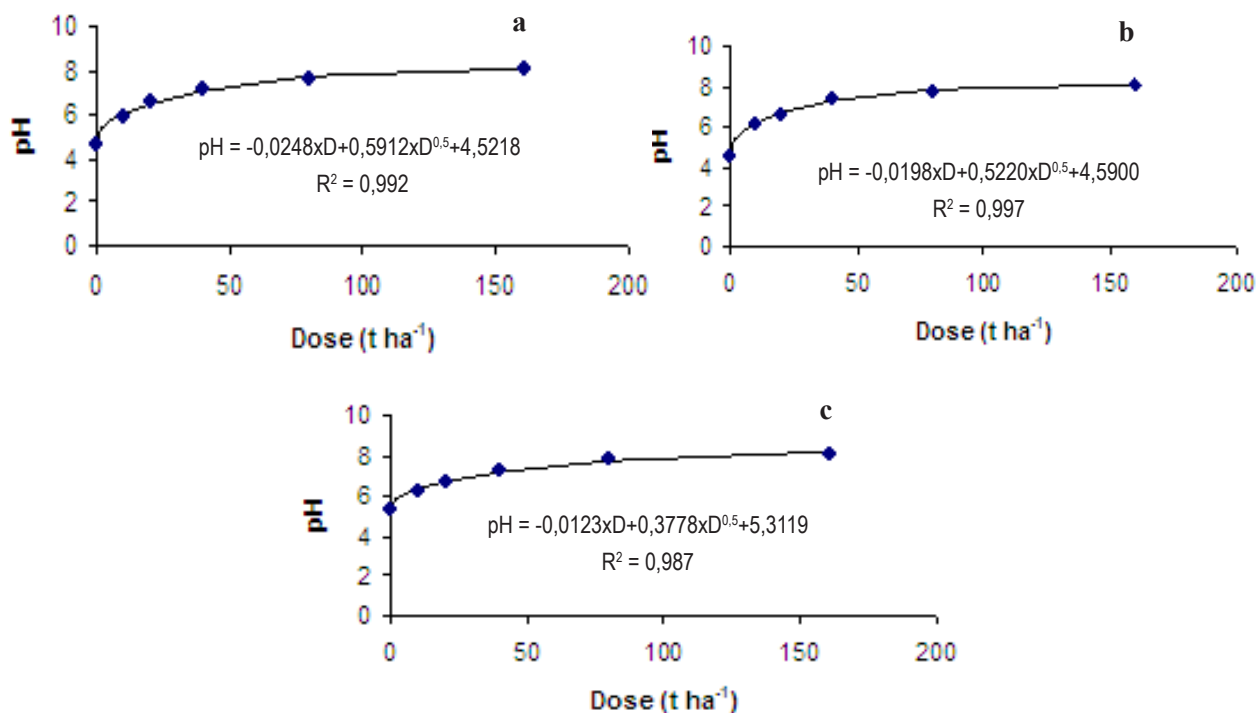


Figura 2. Curvas de incubação do solo do Horto Florestal - H₁ (a), Horto Florestal - H₂ (b) e da Praça Carlos Drummond de Andrade (c) com o lodo caledo

Analisando-se os dados obtidos com padrões estabelecidos na Resolução 375/2006 do CONAMA, verifica-se que a contaminação com elementos químicos perigosos será baixa, ficando muito aquém da concentração máxima permitida para o lodo de esgoto doméstico. Com isso, a aplicação correta do lodo caaleado é segura no que se refere aos metais cádmio, chumbo, cobre, crômio, níquel e zinco.

A quantidade de macro e micronutrientes aplicada ao solo, quando da aplicação das doses de 16,24; 19,27 e 12,64 t ha⁻¹ de lodo caaleado, respectivamente para os solos H₁, H₂ e Drum, está apresentada na Tabela 5.

Uma vez que a camada de solo que é considerada de mistura de um adubo ou corretivo de pH é 0,2 m, tem-se, assim, 81,85 g m⁻³ de N, 29,5 g m⁻³ de P e 22,75 g m⁻³ de K são as concentrações proporcionadas ao solo pela aplicação das referidas doses de lodo caaleado, no solo H₁, e 97,10 g m⁻³ de N, 35,0 g m⁻³ de P e 27,0 g m⁻³ de K, no solo H₂. Em relação ao solo Drum, como é proveniente de uma área de praça pública, constituída por gramado e jardins, foi

avaliada a aplicação por área superficial, sendo as doses de N, P e K de, respectivamente, 12,7; 4,0 e 3,5 g m⁻². Não foram encontrados traços de cádmio ou crômio no lodo caaleado, portanto estes elementos químicos não deverão ser motivo de preocupação quando da aplicação das doses definidas de lodo caaleado no solo. Quanto aos outros metais, as doses aplicadas proporcionaram doses ínfimas, bem aquém das permitidas pela Resolução CONAMA 375/2006. Além disso, como a caaleação é feita de 4 em 4 anos, as doses aplicadas ficam ainda mais diluídas, devendo-se levar muito tempo para que haja acúmulo suficiente desses poluentes. Assim, o risco de contaminação do solo é baixo e o tempo para que limites estabelecidos na Resolução CONAMA 375/2006 possam ser superados é muito grande. Além disso, sabe-se que no solo não há grande disponibilidade desses metais e ainda, com o tempo, ocorre sua complexação e quelação pelo material orgânico e adsorção específica na fração mineral (MATOS, 2010), soma-se, ainda, o aumento no pH do meio, diminuindo ainda mais os riscos de contaminação ambiental.

Tabela 4. Concentrações totais de macro e micronutrientes e metais pesados na matéria seca do lodo caaleado

N	P	K	Ca	Fe	Mg	Ni	Pb	Cu	Mn	Zn	Cd	Cr
----- g kg ⁻¹ -----						----- mg kg ⁻¹ -----						
10,08	3,63	2,80	3,16	52,53	268,75	33,50	2,25	119,75	499,0	395,5	N.D.	N.D.

Tabela 5. Quantidade de macro e micronutrientes e metais pesados adicionados ao solo com a aplicação das doses de lodo caaleado definidas para os solos H₁, H₂ e Drum

Elemento químico	Solo H ₁	Solo H ₂	Solo Drum
N (kg ha ⁻¹)	163,7	194,2	127,4
P (kg ha ⁻¹)	59,0	70,0	45,9
K (kg ha ⁻¹)	45,5	54,0	35,4
Ca (kg ha ⁻¹)	51,3	60,9	39,9
Fe (kg ha ⁻¹)	853,1	1012,3	664,0
Mg (g ha ⁻¹)	4364,5	5178,8	3397,0
Ni (g ha ⁻¹)	544,0	645,6	423,4
Pb (g ha ⁻¹)	36,5	43,4	28,4
Cu (g ha ⁻¹)	1944,7	2307,6	1513,6
Mn (g ha ⁻¹)	8103,8	9615,7	6307,4
Zn (g ha ⁻¹)	6422,9	7621,3	4999,1
Cd (g ha ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.
Cr (g ha ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.

CONCLUSÕES

- Na caleação do lodo de esgoto doméstico produzido na ETE José Cirilo, Muriaé-MG, a dose de cal hidratada deve ser de 29,1 kg m⁻³, considerando-se um tempo de reação de 2 h, e de 71,2 kg m⁻³, considerando-se um tempo de reação superior a 72 h;
- Recomenda-se a aplicação das doses de 16,24; 19,27 e 12,64 t ha⁻¹ de lodo caleado, respectivamente para os solos H₁, H₂ e Drum, com o intuito de proporcionar elevação do pH até 6,5;
- O lodo caleado atende à legislação ambiental (Resolução CONAMA 375/2006), apresentando baixas concentrações de metais pesados, podendo ser utilizado, numa mesma área, por longo período de tempo, sem que venha a suplantiar as cargas máximas estabelecidas na referida legislação ambiental; e
- A aplicação única e exclusiva do lodo de esgoto caleado, estabelecida como corretivo de acidez do solo, melhora a fertilidade dos solos com vários macro e micronutrientes, embora possa não ser suficiente para atender as necessidades de K e P das culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, AWWA, WEF - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, 2005. s.n.p.

ANDREOLI, C.V. (Coord.) **Resíduos sólidos do saneamento: Processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001. 282p.

BRASIL. CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. **Deliberação Normativa 375**, 2006. 32p. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Res-CONAMA-375-06.pdf>>, Acesso em setembro de 2011.

EMBRAPA/CNPS. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2. ed., 1997 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1)

FIA, R.; MATOS, A.T. de; AGUIRRE, C.I. Características Químicas de solo adubado com doses crescentes de lodo de esgoto caleado. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.13, n.4, p.287-299, 2005.

FIA, R.; MATOS, A.T. de; AGUIRRE, C. I. Produtividade e concentração de nutrientes e metais pesados em milho adubado com doses crescentes de lodo de esgoto caleado. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.14, n.1, p.287-299, 2006.

MATOS, A.T. **Qualidade do Meio Físico Ambiental: Práticas de Laboratório**. Viçosa: Ed. UFV, 2012. 150p.

MATOS, A.T. **Poluição ambiental – Impactos no meio físico**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. 260p.

MATOS, A.T. **Poluição ambiental – Impactos no meio físico**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. 260p.

MOREIRA D.A.; FARAGE, J. A. P., CHAGAS, R. C.; LIMA, C. R. C. MATOS, A. T. Curva de incubação do lodo primário de esgoto doméstico. Simpósio Mineiro de Engenharia Ambiental, Viçosa, 2006. **Anais...**, Viçosa, 2006 (CD-Rom)

PINTO, M.T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C.V.; von SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA/UFMG; SANEPAR. 2001. 484p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; 6).

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. **Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná**. Curitiba: SANEPAR, 1997. 96p.