

## II-172 - HIGIENIZAÇÃO DE LODO ANAERÓBIO DE ESGOTO SANITÁRIO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

### **Matheus de Sá Farias<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestrando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas no Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento (DRS/UFLA).

### **Gabriela Rezende de Souza<sup>(2)</sup>**

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre e doutoranda em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas no DRS/UFLA.

### **Ronaldo Fia<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutor em Engenharia Agrícola pela UFV. Professor Associado no DRS/UFLA.

### **Mateus Pimentel de Matos<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Recursos Hídricos e Ambientais no programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela UFV. Doutor em Saneamento no Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor Adjunto no DRS/UFLA.

### **Fátima Resende Luiz Fia<sup>(5)</sup>**

Engenheira Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre e Doutora em Engenharia Agrícola (Recursos Hídricos e Ambientais) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professora Adjunta no DRS/UFLA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Sete de Setembro, 55 - Centro - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel: (31) 99239-5748 - e-mail: matheusfarias.engambiental@gmail.com

### **RESUMO**

Apesar dos altos teores de umidade, lodos de esgoto são considerados resíduos sólidos que, dado o seu potencial de contaminação, deve receber tratamento adequado, uma vez que pode conter, entre outros, patógenos em concentrações nocivas à saúde humana e ao meio ambiente. Um método muito utilizado para redução de agentes patogênicos e atratividade de vetores no lodo de esgoto se constitui na aplicação de cal virgem. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo a estabilização química com cal virgem (CaO) do lodo gerado nos reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB) da Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário da Universidade Federal de Lavras. Para tal, foram coletados 20 litros de lodo de cada um dos seis reatores UASB, sendo dispostos em um recipiente de polietileno de 1000 litros, homogêneo, caracterizado e deixado para secagem ao ar, em local coberto, por 49 dias, quando se obteve teor de água de aproximadamente 55 dag kg<sup>-1</sup>. Para a obtenção da curva de caleação, o lodo de esgoto foi destorroado e misturado com diferentes dosagens de CaO (14 tratamentos) e 3 repetições. Para cada 500 g de lodo, adicionados em sacos plásticos, foram utilizados 130 mL de água destilada e 0; 3,125; 6,25; 9,37; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0; 62,5; 75,0; 87,5; 100,0; 125,0 e 150,0 g de CaO, o que correspondeu à aplicação de 0; 3,25; 12,5; 18,75; 25; 50; 75; 100; 125; 150; 175; 200; 250 e 300 kg Mg<sup>-1</sup> de lodo seco. A partir da curva obtida, procurou-se identificar a menor quantidade de cal necessária para manter o pH do lodo acima de 12, por 2 horas, e acima de 11,5, pelas 22 horas seguintes, condições necessárias à sua higienização. Foram analisados o pH e a concentração de coliformes totais e termotolerantes do lodo nos três estados, ou seja, *in natura*, antes da caleação e após a incorporação da cal virgem. O lodo apresentou valores de pH médios inferiores a 4,3, antes do processo de caleação, se caracterizando como ácido. A concentração de coliformes termotolerantes no lodo *in natura* foi de 8,5x10<sup>6</sup> NMP g<sup>-1</sup> ST<sup>-1</sup> e, antes da sua higienização, foi de 1,04x10<sup>4</sup> NMP g<sup>-1</sup> ST<sup>-1</sup>, comprovando a necessidade de tratamento para reúso agrícola. Para o período de 2 e 24 horas de incubação do lodo foi necessária uma dose de cal virgem de 125 kg Mg<sup>-1</sup> de biossólido para manter o pH acima de 12, sendo esta totalmente eficiente na remoção de coliformes totais e termotolerantes contidos no lodo. Para 48 horas, foi preciso uma dose de 150 kg Mg<sup>-1</sup> de biossólido. O uso da cal virgem na higienização do lodo apresenta ainda uma série de benefícios para aplicação agrícola, como correção da acidez do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo anaeróbio, Estabilização, Calagem, Reúso agrícola.

## **INTRODUÇÃO**

O manuseio e a disposição do lodo de esgoto devem ser realizados de forma cuidadosa e considerar o potencial risco de contaminação do meio ambiente, uma vez que o lodo pode conter elementos químicos e organismos patogênicos em concentrações nocivas à saúde humana e ao ambiente.

O material orgânico presente no lodo de esgoto, quando em decomposição, é um habitat propício à proliferação de micro (bactérias, fungos, vírus, protozoários etc.) e macrovetores (moscas, mosquitos, baratas e ratos), podendo vir a constituir um problema sanitário. Dessa forma, os riscos de contaminação por agentes patogênicos devem ser bem estudados, para que não tragam problemas sanitários à população humana e animais.

Os resíduos orgânicos devem ser estabilizados para serem utilizados de maneira segura, ou seja, a matéria orgânica original deve ser convertida para uma forma mais estabilizada, apresentando odor menos ofensivo e menor concentração de microrganismos patogênicos (PLACHÁ et al., 2008). Entre os métodos aplicados para redução de agentes patogênicos e atratividade de vetores, estão a digestão aeróbia, digestão anaeróbia, compostagem, estabilização com cal, secagem em leitos de areia ou em bacias (BRASIL, 2006).

A estabilização com cal consiste na adição de quantidade suficiente desse material de forma que o pH seja elevado até pelo menos 12, por um período mínimo de duas horas. A cal virgem (CaO) e a cal hidratada [Ca(OH)<sub>2</sub>] são os produtos mais utilizados para a estabilização alcalina dos lodos na fase líquida. Entretanto, a cal virgem não se mistura bem com o lodo líquido, sendo necessário o processo de extinção antes da aplicação. Em contrapartida, é o produto mais indicado quando aplicado em lodos já na fase sólida, pela sua capacidade de reagir com a umidade e liberar calor (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2014).

Para destinar o lodo de esgoto no ambiente, principalmente para o reúso agrícola, torna-se fundamental a higienização, e a utilização de cal é atrativa pelo menor custo comparada aos outros processos de redução de organismos patogênicos. Nesta perspectiva, com a implantação do Plano Ambiental, a UFLA visa à destinação adequada de seus resíduos, e uma das perspectivas é a utilização do lodo de esgoto higienizado com cal como fonte de nutrientes para os cultivos agrícolas nas fazendas sob sua administração.

## **OBJETIVO**

Este trabalho teve como objetivo a estabilização química com cal virgem do lodo gerado nos reatores UASB da Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário da Universidade Federal de Lavras (ETE-UFLA).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O lodo utilizado no experimento foi proveniente da ETE-UFLA, projetada para tratar o efluente gerado na própria instituição, tais como sanitários, restaurante universitário (após passagem por flutador), cantinas, laboratórios (sem resíduos químicos que são coletados separadamente), entre outros. O efluente tratado na ETE-UFLA é coletado e destinado a duas estações elevatórias. A primeira (EEE-Goiabeiras) começou a operar em 2011, com metade da atual vazão de esgotos. Em 2017, a segunda elevatória (EEE-Veterinária) entrou em operação. Atualmente, a ETE-UFLA recebe diariamente cerca de 160 m<sup>3</sup> de esgoto.

O sistema de tratamento de efluentes implantado na ETE é composto pelas seguintes unidades (operantes atualmente): gradeamentos grosseiro e fino; medidor de vazão tipo Calha Parshall (entrada); caixa separadora de gordura; estação elevatória interna; duas caixas distribuidoras de vazão; seis reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB); seis filtros biológicos aerados submersos (FBAS); quatro filtros rápidos de areia descendentes (FRD); clorador, unidade de tratamento por radiação ultravioleta; e medidor de vazão tipo Calha Parshall (saída). O lodo é encaminhado para dois filtros prensa.

No dia 6 de março de 2018, de cada um dos seis reatores UASB da ETE, foi realizada uma coleta de 20 litros de lodo da camada mais inferior (base do reator). O conteúdo foi reservado em um recipiente de polietileno de 1.000 Litros, homogeneizado e deixado em local coberto e ventilado, na área da ETE, para secagem até teor de água de aproximadamente 55 dag kg<sup>-1</sup>, processo que se deu por 49 dias.

Para a higienização do lodo, foi utilizado o processo de caleação, que consistiu em elevar o pH do lodo, por meio da adição de cal virgem (CaO), até valores superiores a 12, com a finalidade de eliminar a maior parte dos patógenos existentes no resíduo.

Para a obtenção da curva de caleação, o lodo de esgoto foi destorroado e misturado com diferentes dosagens de CaO. Para tal, foram utilizados cerca de 22 kg de lodo após secagem e o ensaio experimental utilizado para calagem do lodo foi composto por 14 tratamentos e 3 repetições, totalizando 42 amostras.

Para cada 500 g de lodo, adicionados em sacos plásticos, foram utilizados 130 mL de água destilada e 0; 3,125; 6,25; 9,37; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0; 62,5; 75,0; 87,5; 100,0; 125,0 e 150,0 g de CaO, o que correspondeu à aplicação de 0; 3,25; 12,5; 18,75; 25; 50; 75; 100; 125; 150; 175; 200; 250 e 300 kg Mg<sup>-1</sup> de lodo seco.

A água adicionada teve finalidade de homogeneizar a mistura pelo acréscimo de umidade e aumentar a reatividade do material. O material (lodo acrescido de diferentes doses de cal especificada para cada tratamento) foi mantido em sacos plásticos abertos para saída dos gases gerados na reação durante todo o período de incubação. Durante esse período, o pH em água do lodo foi monitorado, a fim de se acompanhar sua variação com o tempo e, assim, obter a curva de incubação do lodo com a cal.

A partir da curva obtida, procurou-se identificar a menor quantidade de cal necessária para manter o pH do lodo acima de 12, por 2 horas, e acima de 11,5, pelas 22 horas seguintes, condições necessárias à sua higienização (BRASIL, 2006).

A calagem do lodo foi realizada no Laboratório de Geotecnia Ambiental e Resíduos Sólidos, e as análises de pH e coliformes no Laboratório de Águas Residuárias e Reúso de Água, do Núcleo de Engenharia Ambiental, no Departamento de Engenharia da UFLA. O pH em extrato lodo:água, na relação 1:2,5 (v/v) (EMBRAPA, 2009) foi avaliado para o lodo in natura, no lodo após 49 dias de secagem (antes da higienização), duas horas após a adição do CaO, e às 24 e 48 horas seguintes (MATOS, 2014), e três dias após a higienização. As análises de coliformes totais (cT) e termotolerantes (cTer), foram realizadas pelo método dos tubos múltiplos. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar, conforme apresentado na Figura 1, que a dose mínima de óxido de cálcio utilizada para higienização do lodo, suficiente para manter o pH ligeiramente superior a 12, foi de 125 kg Mg<sup>-1</sup> de lodo, após 2 e 24 horas de incubação. Para o período de 48 horas de incubação do lodo foi necessária uma dose de cal virgem de 150 kg Mg<sup>-1</sup> de biossólido para manter o pH acima de 12.

Os valores de pH do lodo, apresentados na Figura 1, caracterizam um lodo ácido, com valores médios inferiores a 4,3, antes do processo de caleação. As duas menores doses de cal virgem aplicadas ao lodo já fizeram com que os valores médios de pH se aproximassem da neutralidade, entre 6,1 e 7,8. Pela Figura 1, fica evidente que dosagens de cal virgem superiores a 150 kg Mg<sup>-1</sup> de lodo geraram variações mínimas no pH. Além disso, pela Tabela 1, pode-se notar que mesmo após 3 dias o término do período de incubação do lodo, o pH da amostra se manteve superior a 11.

A dose de cal de 125 kg Mg<sup>-1</sup> de lodo adequada para a caleação deste lodo de esgoto doméstico foi superior à encontrada por Fia, Matos e Aguirre (2005) e corresponde à dose mínima necessária para higienização de lodo anaeróbio recomendada por Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2014).

Fia, Matos e Aguirre (2005), realizando a higienização do lodo obtido de uma lagoa de maturação de um sistema de tratamento de esgoto doméstico, observaram que a quantidade mínima de cal hidratada utilizada para higienização do lodo, suficiente para manter o pH ligeiramente superior a 12, foi de 75 kg Mg<sup>-1</sup> de lodo, após 3 dias de incubação.

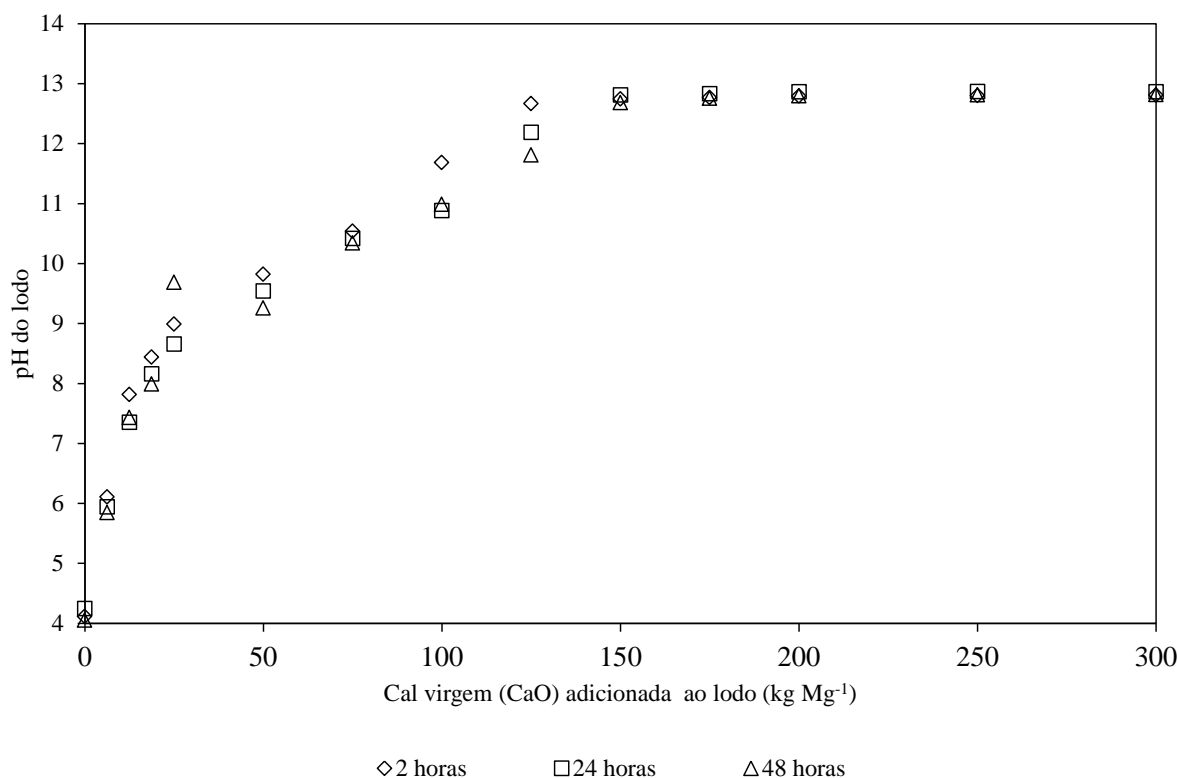


Figura 1: Curva de incubação do lodo de esgoto do reator UASB da ETE-UFLA, após 49 de secagem, realizada durante 48 horas com óxido de cálcio.

Tabela 1: Valores de pH acrescidos dos respectivos desvios padrão e caracterização microbiológica do lodo de esgoto dos reatores UASB da ETE-UFLA em diferentes fases, e classificação segundo a Resolução CONAMA 375/2006.

	Lodo in natura	Lodo antes da higienização (Após 49 dias de secagem)	Lodo higienizado	Classificação
pH (1:2,5)	6,6 ± 0,03	3,6 ± 0,01	11,3 ± 0,02 <sup>(1)</sup>	-
cT (NMP g <sup>-1</sup> ST <sup>-1</sup> )	8,5x10 <sup>6</sup>	2,77x10 <sup>5</sup>	0	-
cTer (NMP g <sup>-1</sup> ST <sup>-1</sup> )	8,5x10 <sup>6</sup>	1,04x10 <sup>4</sup>	0	< 10 <sup>3</sup> (Classe A) < 10 <sup>6</sup> (Classe B)

<sup>(1)</sup>Valor de pH obtido três dias após término do período de incubação do lodo.

Observa-se na Tabela 1 que com a secagem do lodo e redução da sua umidade, houve decréscimo dos microrganismos indicadores de contaminação fecal. Entretanto, as concentrações de cT e cTer podem ser nocivas à saúde humana e ao ambiente. Somente com a higienização do lodo houve redução total dos coliformes totais e termotolerantes, tal como observado por Silva, Chinelatto e Chinelato (2015).

O lodo caleado tornou-se pertencente à Classe A, que é a única classe de lodo que é permitida para aplicação na agricultura, exceto em: pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo, segundo a Resolução CONAMA nº 375 (BRASIL, 2006).

Os valores de cT para o lodo foram inferiores ao observado por Bonini, Alvez e Montanari (2015), que encontraram concentração de 2,3x10<sup>8</sup> NMP g<sup>-1</sup>, para uma umidade de 0,84 kg kg<sup>-1</sup>. Para cTer, os autores encontraram ainda concentração de 1,4x10<sup>2</sup> NMP g<sup>-1</sup> de lodo. Os valores obtidos neste trabalho foram inferiores aos dos referidos autores para a aplicação agrícola do lodo.

Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2014), analisando 170 trabalhos, apresentaram que foi requerida uma dose de cal entre 125-225 kg  $[Ca(OH)_2]$  por tonelada de sólidos secos para higienização de lodo anaeróbio. Barros, Costa e Andreoli (2006) incorporaram CaO na proporção de 30% do peso seco do lodo e verificaram eficiência de 100% de eliminação de ovos helmintos e inativação de 5,39 e 4,87 unidades logarítmicas de coliformes totais e fecais.

A efetividade da cal virgem como tratamento químico para redução de patógenos se deve ao fato de que em condições de pH inferior a 2,0 e maior que 10,0, existem poucas bactérias que apresentam crescimento. Além disso, cabe ressaltar que o uso de cal virgem como estabilizante químico tem como uma das vantagens, a possibilidade o uso do lodo não só como fertilizante, para aplicação agrícola, mas também como corretivo de acidez do solo, por promover elevação do pH deste, o que é um ponto favorável à disposição do lodo caledado no solo, uma vez que solos brasileiros tendem a ser ácidos e precisam de correção para maior produtividade agrícola.

Outros autores também constataram resultados benéficos do uso da cal virgem no lodo para aplicação agrícola, como aumento dos teores de cálcio quando aplicado no solo, diminuindo a sua acidez potencial (BERTON; NOGUEIRA, 2010). Barbosa et al. (2017), estudando a aplicação do lodo de esgoto alcalinizado e efeitos na fertilidade de solos ácidos, constataram que o lodo de esgoto alcalinizado foi superior ao calcário na correção da acidez do solo e na elevação da disponibilidade de nutrientes como P, Ca, Mg, K e Carbono Orgânico.

## CONCLUSÕES

As elevadas concentrações de coliformes totais e termotolerantes verificadas no lodo de esgoto da ETE-UFLA requerem o processo de redução de patógenos e de atração de vetores, afim de reduzir os impactos da sua disposição no ambiente.

Foi necessária uma dose de 125 kg de óxido de cálcio por Mg de lodo seco para que o pH se mantivesse acima de 12 por um período mínimo de 2 horas. Esta dosagem foi considerada ótima para este lodo em específico, sendo totalmente eficiente na remoção de coliformes totais e termotolerantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Ed.) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 444p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 6).
2. BARBOSA, J. Z. et al. Alkalinized sewage sludge application improves fertility of acid soils. *Ciência e Agrotecnologia*, v.41, n.5, p.483-493, 2017.
3. BERTON, R. S.; NOGUEIRA, T. A. R. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. (Ed.). *Uso Agrícola do Lodo de Esgoto (avaliação após a Resolução n. 375 do CONAMA)*. Fepaf, p.31-51, 2010.
4. BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.4, p.388-393, 2015.
5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Brasília. *Diário Oficial da União*, n.167, p.141-146.
6. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. 2. ed. Brasília, 624 p., 2009.
7. FIA, R.; MATOS, A. T.; AGUIRRE, C. I. Características químicas de solo adubado com doses crescentes de lodo de esgoto caledado. *Engenharia na Agricultura*, v.13, n.4, p.287-299, 2005.
8. PLACHÁ, I. et al. The elimination of *Salmonella typhimurium* in sewage sludge by aerobic mesophilic stabilization and lime hydrated stabilization. *Bioresource Technology*, v.99, n.10, p.4269-4274, 2008.
9. SILVA, C. R. L.; CHINELATTO, A. L.; CHINELATO, A. S.A. Viabilidade da incorporação do lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) em massa cerâmica para produção de blocos. *Cerâmica*, v. 61, n. 357, p. 31-40, 2015.