



Artigo Original

## Tratamento alcalino de lodo de esgoto no preparo do biossólido como alternativa de adubo orgânico

Tancio Gutier Ailan Costa<sup>1</sup>, Laécio Miranda Cunha<sup>2</sup>, Bruna de Freitas Iwata<sup>3</sup>, Juliana Vogado Coelho<sup>4</sup>, João Gabriel Pereira dos Santos<sup>2</sup>, Gleide Ellen dos Santos Clementino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Ceará. Mestrado em Ciência do Solo. Campus Pici. Fortaleza-CE (CEP 60455-900). E-mail: [gutierailan@gmail.com](mailto:gutierailan@gmail.com).

<sup>2</sup>Instituto Federal do Piauí. Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental. Campus Corrente. Rua Projetada Trinta e Seis, 380. Nova Corrente. Corrente-PI, Brasil (CEP 64980-000).

<sup>3</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Campus Teresina Central. Praça da Liberdade, 1597. Centro. Teresina-PI, Brasil (CEP 64000-040).

<sup>4</sup>Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Rua dos Funcionários, 1540. Juvevê. Curitiba-PR, Brasil (CEP 80035-050).

### INFO ARTICLE

Histórico do artigo

Recebido: 15 de julho de 2018

Aceito: 13 de setembro de 2018

Palavras-chaves:

Caleação química

Cerrado piauiense

Reciclagem agrícola

### RESUMO

No processo de tratamento do esgoto é gerado como subproduto o lodo de esgoto, resultante dos procedimentos de tratamento primário e secundário. Esses tratamentos são necessários para que os efluentes atinjam os padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais para serem lançados aos rios em estágio menos agressivo ao meio ambiente, por remoção de suas substâncias nocivas. Contudo, como alternativa de reduzir os riscos ambientais proveniente do descarte deste subproduto, muitos usos são destinados a eles, e um deles é a sua utilização para fins agrícolas, considerando seu potencial de proporcionar incrementos positivos nas características físicas e químicas dos solos. Nesse aspecto, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da cal virgem (CaO) na redução de coliformes termotolerantes e metais pesados do lodo de esgoto sanitário tratado como biossólido e o fornecimento de macro e micronutrientes do resíduo como alternativa de adubação orgânica. O estudo foi realizado no município de Corrente (Piauí), em experimento montado em área do *campus* do Instituto Federal do Piauí. Para a caleação foi utilizada cal virgem (CaO), misturada manualmente em proporção de 50% em função de seu peso úmido. Após análise laboratorial os dados obtidos foram comparados com a resolução CONAMA nº 375/2006, que define os procedimentos para uso do lodo de esgoto na agricultura, fixando parâmetros agronômicos máximos, permitidos no lodo. Com os resultados obtidos pôde-se concluir que a caleação a 50 % diminuiu a concentração de coliformes termotolerantes, abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº. 375/2006 e apresentou bons parâmetros para fins agronômicos com teores de metais pesados abaixo dos limites estabelecidos pela resolução, possibilitando o uso seguro como adubo orgânico.

### 1. Introdução

No processo de tratamento do esgoto é gerado como subproduto o lodo de esgoto, resultante dos procedimentos de tratamento primário e secundário do esgoto. Esses tratamentos são necessários para que os efluentes atinjam os padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais para serem lançados aos rios em estágio menos agressivo ao meio ambiente, por remoção de suas substâncias nocivas. Entretanto, o grande aumento do volume de lodo produzido tem preocupado pesquisadores, órgãos ambientais e as

empresas que fazem o tratamento do lodo em todo o mundo (Nobile et al., 2014).

Assim, uma das alternativas mais viáveis para a disposição do lodo de esgoto é a sua utilização para fins agrícolas, considerando seu potencial de proporcionar incrementos positivos nas características físicas e químicas dos solos, como a melhoria do estado de agregação, diminuição da densidade, aumento da macroporosidade, da CTC, no pH e ainda representar fonte de macro e micronutrientes para as plantas (Fia et al., 2005).

No entanto para uso desse resíduo na agricultura faz-se necessário o seu tratamento prévio, principalmente por

meio da calcação química. A higienização dos lodos por processo alcalino, denominado calagem, calcação ou estabilização química ou alcalina, consiste na utilização de um produto alcalino para elevar o pH do lodo. A calcação se dá por processo de higienização que consiste na mistura de cal virgem (CaO) ao lodo em proporções que variam de 30% a 50% em função do seu peso seco e em contato com a água do lodo resulta em uma reação exotérmica (Yamane, 2007, Rocha, 2009).

A cal é um dos produtos alcalinos de menor custo mais utilizados em saneamento. A eliminação de patógenos se dá por efeito da elevação do pH a níveis superiores a 12 (Tsujiya, 2002). Os fatores que intervêm no processo de desinfecção são a alteração da temperatura, a mudança do pH e a ação da amônia resultante de reações ocasionadas pelo aumento de temperatura e pH (Yamane, 2007, Rocha, 2009). Barros et al. (2006) com objetivo de verificar a eficiência na eliminação de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, incorporou cal virgem comum (CaO) na proporção de 30% do peso seco do lodo, e pôde verificar a eliminação de 100% e destruição desses ovos e inativação de 5,39 e 4,87 NMP/g de ST de coliformes totais e termotolerantes.

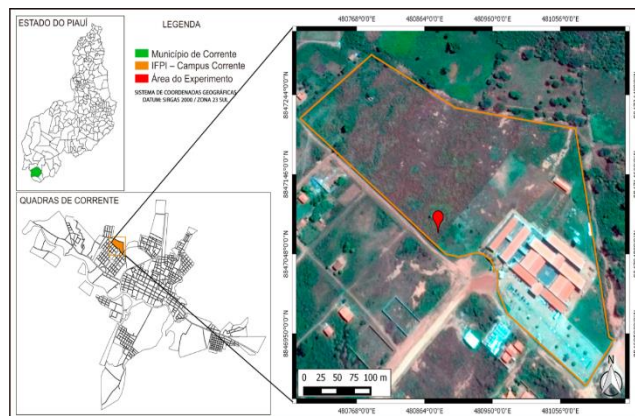
A estabilização realizada com cal virgem tende a aumentar seu pH e os teores de cálcio quando aplicado no solo, proporcionando a diminuição da acidez. Já a estabilização sem a cal tende a acidificar o solo e causar pouca alteração nos cátions trocáveis do mesmo (Berton & Nogueira, 2010). Em todo esse processo, com a adição da cal virgem o pH é elevado, ocasionando a inibição da atividade enzimática e alteração no metabolismo celular das bactérias, possuindo grande efeito antibacteriano, visto que a maioria das bactérias patogênicas cresce melhor em condições de pH neutro. O que em condições de pH inferior a 2,0 e maior que 10, existem poucas bactérias que apresentam crescimento (Estrela et al., 1994). O produto resultante a partir desse tratamento é denominado biossólido, sendo estudado como fertilizante orgânico na produção de várias culturas, dentre elas o milho, capaz de se obter resultados satisfatórios.

Apesar do reconhecido potencial de uso do lodo tratado, ressalta-se que a composição do resíduo pode comprometer sua utilização, principalmente quanto ao tipo e o método de tratamento do mesmo. Neste sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da cal virgem (CaO) na redução de coliformes termotolerantes e metais pesados em lodo de esgoto sanitário e o fornecimento de macro e micronutrientes do biossólido como alternativa de adubação orgânica.

## 2. Material e métodos

### Caracterização da Área de Estudo

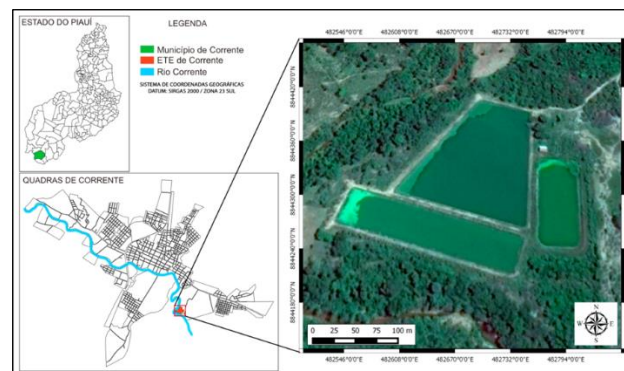
O estudo foi realizado no município de Corrente (Piauí), em experimento montado na área do *campus* do Instituto Federal do Piauí (Figura 1). A cidade de Corrente localiza-se na microrregião das Chapadas do Extremo Sul Piauiense a latitude de 10°26'36" sul e a longitude 45°09'44" oeste, com população em torno de 25.407 habitantes, que deste montante, 60% da população reside em área urbana. O município compreende uma área de 3.048.447km<sup>2</sup>, estando distante aproximadamente 820 quilômetros da capital do estado, Teresina. Fitogeograficamente a cidade está situada, predominantemente, na área do bioma Cerrado e possui clima tropical subúmido quente (CEPRO, 2017).



**Figura 1.** Localização da área do experimento (Campus do Instituto Federal do Piauí). Fonte: Laécio Miranda Cunha, 2017.

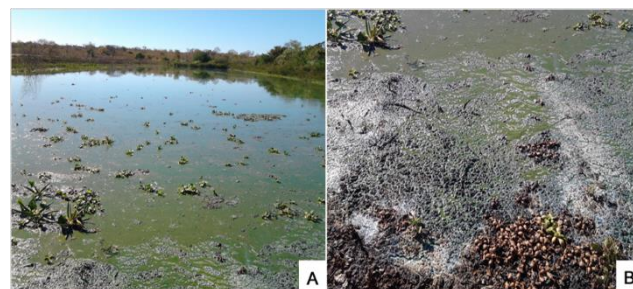
### Lodo de Esgoto Utilizado no Experimento

O lodo de esgoto utilizado no experimento é proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município de Corrente-PI, que recebe e trata esgoto essencialmente doméstico, pelo processo fotossintético. A estação é administrada pela Agencia de Águas e Esgotos do Piauí S/A (AGESPISA). Sendo está a única estação de tratamentos de efluentes sanitários do município, estando localizada no perímetro urbano, a leste da cidade (Figura 2).



**Figura 2.** Mapa de localização da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do município de Corrente, Piauí. Fonte: Laécio Miranda Cunha, 2017.

Com uma rede coletora de 10 km do tipo convencional, e aproximadamente 1.300 ligações domiciliares que atende as principais ruas, o sistema possui três estações elevatórias com diferentes bacias, onde a bacia da primeira estação conduz os esgotos por meio de um tubo que libera os esgotos levando até a segunda e a terceira bacia por meio de bombeamento, conduzindo os efluentes até às lagoas de estabilização. Segundo Silva (2017), o sistema é composto por três lagoas de estabilização, onde ocorre o tratamento fotossintético, produzindo o lodo que fica depositado na superfície da lagoa (Figura 3).



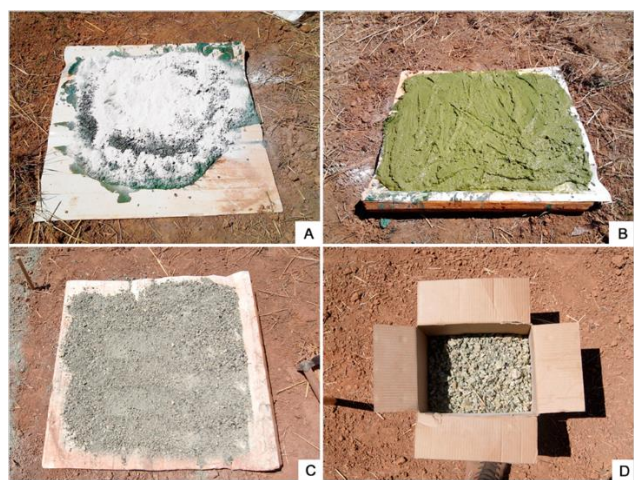
**Figura 3.** A - Vista parcial da terceira lagoa de estabilização; B - Lodo depositado na superfície da lagoa. Fonte: Laécio Miranda Cunha, 2017.



A coleta foi realizada em julho de 2016, extraindo-se da terceira lagoa de estabilização onde apresentava uma maior quantidade de lodo. Coletou-se a quantidade necessária para a execução do experimento, acondicionada em recipientes plásticos e transportada para o Instituto federal do Piauí *Campus Corrente*.

#### Caleação do Lodo no Preparo do Biossólido

Para a caleação foi utilizada cal virgem (CaO), onde o processo de mistura foi realizado manualmente, em proporção de 50% em função de seu peso úmido, (Figura 4), visando identificar as dosagens de cal virgem (CaO) que atendem ao Anexo I da resolução Conama nº 375 (BRASIL, 2006). Após ser caleado foi submetido a solarização por sete dias, sem a presença inconveniente de moscas e odores. Após secagem foi granulado e armazenado em caixa de papelão. Foi retirada uma amostra contendo dez gramas (g), para análise da eficiência da higienização alcalina, encaminhada para análise em laboratório.



**Figura 4.** Adição de cal virgem sobre o lodo; B - Cal misturada com o lodo; C - lodo seco após tratamento; D - Biossólido granulado armazenado em caixa. Fonte: Laécio Miranda Cunha, 2017.

#### Análises Laboratoriais

A análise de pH do biossólido foi realizada pelo laboratório de Água, Biologia e Solos (LABS) do Instituto Federal do Piauí - *Campus Corrente*. As análises microbiológicas de coliformes fecais e químicas para fins agronômicos de ferro, alumínio, potássio, cálcio, magnésio, manganês, sódio, matéria orgânica, nitrogênio, enxofre, fósforo, carbono, chumbo, níquel, crômio, cádmio, cobre e zinco, foram realizadas pelo Laboratório de solos da Funceme/Fortaleza/CE.

Após análise laboratorial os dados obtidos foram comparados com a resolução CONAMA nº 375/2006 que define os procedimentos para uso do lodo de esgoto na agricultura, fixando parâmetros agronômicos máximos permitidos no lodo. A resolução traz uma preocupação especial em relação ao teor de metais pesados e agentes patogênicos do material. Assim, torna-se fundamental a caracterização do biossólido, ou produto derivado, nos termos da resolução CONAMA nº 375/2006 e, ainda, o constante monitoramento do solo na área onde o biossólido é aplicado.

### 3. Resultados e discussão

Os resultados do comportamento do pH na concentração de cal virgem (CaO) em proporção de 50% em função de seu peso úmido obtido na amostra analisada proporcionou condições para redução de vetores estabelecida na legislação CONAMA nº 375/2006, portando pH superiores a 12, com uma média de 12,46, considerado valor ideal para

eliminação dos microrganismos patogênicos existente no resíduo.

Segundo a resolução, a estabilização química do lodo é um dos processos de redução de vetores, neste caos, em condição referida para esse processo tem-se como critério a elevação do pH. A quantidade de álcali misturada com o lodo deve ser suficiente para que o pH seja elevado a pelo menos 12, por um período mínimo de 2 horas, permanecendo acima de 11,5 por mais 22 horas, sem que seja feita uma aplicação adicional de álcali. Os valores do pH são referenciados à temperatura de 25°C (CONAMA, 2006).

Além do pH acima de 12, outro fator importante é o tempo de contato, pois o efeito desinfetante da cal não é imediato. Fernandes (1996), em pesquisas sobre a eficiência da caleação como método de desinfecção do lodo, testou doses de 50% de cal em relação ao peso seco de lodo e obteve 99,95 % de remoção dos coliformes totais. Pinto (2001) mencionou que para se obter um lodo sanitariamente seguro, deve-se elevar o pH deste para valores superiores a 12 por, no mínimo, 72 horas.

Conforme os resultados, pôde-se observar, que o tratamento com a cal virgem foi eficiente na inativação dos coliformes termotolerantes, destruindo 99,8% dos microrganismos presentes no biossólido. Estando em valores aceitáveis pela Resolução CONAMA nº. 375/2006 e, abaixo do limite de Número Mais Provável (NMP) 1.000.g MS<sup>-1</sup>.

Estudos realizados pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) demonstram a eficiência do uso da caleação a 50%, onde foi possível observar redução de 100% de coliformes termotolerantes, salmonelas, estreptococos, cistos de protozoários e larvas de helmintos; de 99,5% para coliforme total e 77,3% para ovos de helmintos (Tsujiya, 2002).

A caracterização agronômica do biossólido para fins agrícolas determinada pela Resolução CONAMA nº 375/2006, lista os parâmetros agronômicos que devem ser analisados. Entretanto quando se refere à caracterização agronômica, a norma ambiental não fixa limites máximos permitidos no resíduo e no solo agrícola, deixando a sua determinação baseada no conhecimento agronômico (Tabela 1).

**Tabela 1.** Avaliação química do biossólido para fins agronômicos.

Parâmetros	g.Kg <sup>-1</sup>
Ferro - Fe	19,0
Alumínio - Al	1,12
Potássio -K	0,91
Cálcio - Ca	207,15
Magnésio - Mg	11,12
Manganês - Mn	0,25
Sódio - Na	0,20
Matéria orgânica - MO	493,01
Nitrogênio - N	57,32
Enxofre - S	21,0
Fósforo - P	7,82
Carbono - C	0,28

Análises realizadas pelo Laboratório de solos da Funceme, Fortaleza, CE

Os teores de metais pesados (Pb, Ni, Cr, Cd, Cu e Zn) estiveram abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 375/2006 (Tabela 2). Conforme Silva et al. (2001), o lodo de esgoto, de origem exclusivamente doméstica, possui menores níveis de metais pesados. Ademais, quando ocorre a mistura de efluentes de origem industrial e sanitários, os níveis de metais pesados podem ser elevados, denotando uma maior atenção quando este lodo for destinado à reciclagem agrícola.

**Tabela 2.** Concentração máxima de metais pesados permitida no lodo de esgoto.

Parâmetros	Resolução nº	Biossólido ETE
	375/2006	Corrente - PI
	mg/kg	
<b>Chumbo - Pb</b>	300	-
<b>Níquel - Ni</b>	420	112
<b>Crômio - Cr</b>	1000	570
<b>Cádmio - Cd</b>	39	27
<b>Cobre - Cu</b>	1500	120
<b>Zinco - Zn</b>	2800	1347

Análises realizadas pelo Laboratório de solos da Funceme, Fortaleza, CE.

Matos et al. (2012) relataram que o lodo caleado ao atender à legislação ambiental, apresentando baixas concentrações de metais pesados, possibilita o uso mais seguro como fertilizante orgânico, descaracterizando o seu papel de agente vinculador de doenças e de contaminação ambiental. Nota-se então, que a aplicação do fertilizante na agricultura, com níveis de **metais** pesados acima dos limites determinado na Resolução CONAMA nº 375/2006, pode afetar negativamente a saúde humana. Porém, dentro dos padrões de higienização, pode trazer inúmeros benefícios ao meio ambiente e à agricultura, além de apresentar disposição adequada e sustentável do resíduo (Alves et al., 2014).

#### 4. Conclusões

A caleação a 50 % da massa úmida do lodo diminui a concentração de coliformes termotolerantes, abaixo dos limites estabelecido pela Resolução CONAMA nº. 375/2006. O processo de caleação promoveu bons parâmetros para fins agronômicos, visto que apresentou teores adequados de macronutrientes (Fe, K, Ca, Mg, S, P, N) e micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn).

Os teores de metais pesados (Pb, Ni, Cr, Cd, Cu e Zn) estiveram abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº. 375/2006. Possibilitando o uso seguro como adubo orgânico.

#### 5. Referências

- Barros, I. T., Costa, A.C.S., Andreoli, C.V. (2006). Avaliação da higienização do lodo de esgoto anaeróbico através do tratamento ácido e alcalino. *Sanare- Revista Técnica da Sanepar* [S.l.], v. 24, p.61-69.
- Berton, R.S., Nogueira, T.A.R. (2010). Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: Coscione, A.R.; Nogueira, T.A.R.; Pires, A.M.M (Ed.). *Uso Agrícola de Lodo de Esgoto (avaliação após a Resolução n. 375 do CONAMA)*. Botucatu, Fepaf, p 31-51.
- BRASIL. (2006). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução nº 375*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.
- Estrela, C.; Sydney, G.B.; Bammann, L.L.; Felipe Júnior, O. (1994). Estudo do efeito biológico do pH na atividade enzimática de bactérias anaeróbicas. *Revista da Faculdade de Odontologia de Bauru*. 2 (4), 31-38.
- Fia, R.; Matos, A.T. de.; Aguirre, C.I. (2005). Características químicas de solo adubado com doses crescentes de lodo de esgoto caleado. *Engenharia na agricultura*, 13(4), 287-299.
- CENTRO DE PESQUISAS ECONÔMICAS E SOCIAIS DO PIAUÍ - CEPRO. (2017). *Diagnóstico Socioeconômico do Município de Corrente*. Disponível em: <[http://www.cepro.pi.gov.br/download/201309/CEPRO27\\_e46e24deb5.pdf](http://www.cepro.pi.gov.br/download/201309/CEPRO27_e46e24deb5.pdf)>. Acesso em:20/08/2017.
- Matos, A. T. de., Matos, M. P. de. (2012). Dose de Cal Hidratada e Características Químicas de um Lodo de Esgoto

Doméstico Submetido à Caleação. *Engenharia na Agricultura*. 20 (4), 357-363.

- Nobile, F.O.; Nunes, H.D.; Neves, J.C. (2014). Doses de lodo de esgoto sobre o desenvolvimento da grama bermuda. *Cynodon dactylon, Nucleus*, 11(2), 7-18.
- Pinto, M.T. (2001) Higienização de lodos. In: Andreoli, C.V.; Sperling, M.V.; Fernandes, F. *Lodo de Esgoto: Tratamento e disposição final* (261-297). Belo Horizonte: Desa- UFMG.
- Rocha, A.L.C.L. (2009). *Higienização de lodo anaeróbico de esgoto por meio alcalino estudo de caso da ETES Lages – Aparecida de Goiânia-GO*. 2009. 118 f. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Goiás.
- Silva, D. A. (2017). *Avaliação da Estrutura da Estação de Tratamento de Efluentes da Cidade de Corrente-Pi*. (Monografia), Instituto Federal do Piauí Campus Corrente (IFPI), Corrente, PI.
- Silva, S.M.C.P. da.; Fernandes, F.; SocoL, V.T.; Morita, D.M. (2001) Principais Contaminantes do lodo. In: Andreoli, C.V.; Sperling, M.V.; Fernandes, F (Ed.). *Lodos de Esgotos: Tratamento e disposição final* (p. 69-121). Belo Horizonte: Desa- UFMG.
- Tsutiya, M.T.; Comparini, J.B.; Sobrinho, P.A.; Hespanhol, I.; Carvalho, P.C.T.; Melfi, A.J.; Melo, W.J.; Marques, M.O. (2002). *Biossólidos na agricultura*. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES.
- Yamane, L.H. (2007). *Avaliação da higienização do resíduo de caixa de areia de estações de tratamento de esgoto*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.