
Parâmetros químicos de latossolo vermelho distrófico e de lodo de esgoto doméstico

Chemical aspects of red Oxisol and domestic Sewer sludge
Aspectos Químicos de Latosol Rojo y de Lodo de Alcantarillado Doméstico

Georgia Ribeiro Silveira de Sant'Ana

Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange, Anápolis, Goiás
Jardim Botânico de Goiânia, Goiás
grssantana@gmail.com

Carlos Eduardo Ramos de Sant'Ana

Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás
cersantana@gmail.com

Humberto Flaider Araújo Mendes

Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange, Anápolis, Goiás
humberto.flayder@gmail.com

Resumo

O solo é essencial para o desenvolvimento da vida humana, uma vez que é ele que suporta os vegetais, dos quais a humanidade depende direta ou indiretamente. A qualidade do solo é uma temática amplamente discutida na literatura, principalmente no que diz respeito à sua definição e ao conjunto de atributos que podem mensurá-la. A fim de auxiliar tal qualidade, pode-se tratar o lodo de esgoto doméstico e processá-lo de modo que ele obtenha características adequadas para o uso agrícola de maneira ambientalmente segura. Assim, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar as propriedades químicas do lodo de esgoto com ou sem tratamento e do solo (Latosolo vermelho distrófico) comparando-os e verificando a qualidade de ambos. Foram coletadas amostras de solo no Cerrado e amostras de lodo na estação de tratamento de esgoto. As amostras de lodo foram analisadas puras (sem tratamento) e com 60% de Cal (com tratamento). As análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia da Embrapa Solos: condutividade, pH, Zinco, Cobre, Chumbo, Sódio, Potássio, Magnésio, Fósforo total, Nitrogênio total, Ferro e Cálcio. Os resultados foram comparados e analisados. A Cal influenciou as propriedades químicas do lodo. Os valores do solo se mostraram bem próximos ao do lodo sem tratamento. Este estudo demonstrou alternativas seguras para o descarte do lodo, após ser tratado e processado. As unidades das estações de tratamento de esgoto precisam adequar os processos de tratamento (estabilização, remoção de umidade e higienização), garantindo a qualidade do produto e a segurança no reuso, a fim de produzir biossólidos viáveis para a agricultura.

Palavras chave: Qualidade do Solo. Cerrado. Adubo Orgânico.

Abstract

Soil is essential for the development of human life, since it is the soil that supports the plants, of which humanity depends directly or indirectly. Soil quality is a topic widely discussed in the literature, mainly with respect to its definition and the set of attributes that can measure it. Sludge when treated and processed obtains permissible characteristics for agricultural use in an environmentally safe manner. The aim of the present work was to characterize the chemical properties of the sludge from pure or with sewage sludge and from the soil (Red Oxisol) comparing them and verifying their quality. Soil samples were collected in the Cerrado and sludge samples at the sewage treatment plant. The sludge samples were analyzed pure and with 60% lime. The chemical analyzes were carried out according to Embrapa solos methodology: Conductivity, pH, Zinc, Copper, Lead, Sodium, Potassium, Magnesium, Total Phosphorus, Total Nitrogen, Iron and Calcium. The results were compared and analyzed. Lime influenced the chemical properties of sludge when compared to soil. Soil values are close to pure sludge. This study demonstrated safe alternatives for the disposal of sludge, after treatment and processing. Sewage treatment plant units need to tailor treatment processes (stabilization, moisture removal and sanitation) to ensure product quality and reuse safety in order to produce viable biosolids for agriculture.

Keywords: Soil Quality. Thick. Organic Fertilizer.

Resumen

El suelo es esencial para el desarrollo de la vida humana, ya que es el suelo que soporta los vegetales, de los cuales la humanidad depende directa o indirectamente. La calidad del suelo es una temática ampliamente discutida en la literatura, principalmente en lo que se refiere a su definición y al conjunto de atributos que pueden medirla. El lodo, cuando es tratado y procesado, obtiene características permisibles para el uso agrícola de manera ambientalmente segura. El presente trabajo tuvo por objetivo caracterizar las propiedades químicas del lodo de alcantarillado puro o con complemento y del suelo (Latosol rojo) comparándolos y verificando la calidad de los mismos. Se recogieron muestras de suelo en el Cerrado y muestras de lodo en la estación de tratamiento de aguas residuales. Las muestras de lodo se analizaron puras y con un 60% de cal. Los análisis químicos se realizaron de acuerdo con la metodología de Embrapa suelos: Conductividad, pH, Zinc, Cobre, Plomo, Sodio, Potasio, Magnesio, Fósforo total, Nitrógeno total, Hierro y Calcio. Los resultados fueron comparados y analizados. La cal influyó en las propiedades químicas del lodo, en comparación con el suelo. Los valores del suelo están muy cerca del lodo sin tratamiento. Este estudio demostró alternativas seguras para el descarte del lodo, después de tratado y procesado. Las unidades de las estaciones de tratamiento de aguas residuales deben adecuar los procesos de tratamiento (estabilización, remoción de humedad e higienización) garantizando la calidad del producto y la seguridad en el reuso, a fin de producir biosólidos viables para la agricultura.

Palabras clave: Calidad del suelo. Cerrado. Abono orgánico.

Introdução

O solo é essencial para o desenvolvimento da vida humana, uma vez que é o solo que suporta os vegetais, dos quais, a humanidade depende direta ou indiretamente. Além disso, o solo desempenha importantes funções nas relações e interações existentes na biosfera. A utilização desse recurso natural deve ser pautada em práticas que visem à minimização ou mesmo

impedimento de sua degradação, e por consequência mantenham a qualidade ambiental (SANTOS et al., 2018).

A qualidade do solo (QS) é uma temática amplamente discutida na literatura, principalmente no que diz respeito à sua definição e ao conjunto de atributos que podem mensurá-la, levando em consideração a grande diversidade química, física e especialmente aqueles atributos relacionados à biodiversidade. Maia (2013) definiu que a QS é avaliada em detrimento das inúmeras funções que o solo desempenha no crescimento e desenvolvimento das plantas. Vezzani & Mielniczuk (2011) e Sant'Ana et al. (2016) ressaltam que a QS é a relação entre as propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, haja vista que o bom funcionamento dessas propriedades permite ao solo exercer suas funções.

Com destaque para ausência e deficiência do sistema de esgotamentos sanitários em muitos municípios e os problemas relacionados ao lançamento desses efluentes *in natura* nos corpos hídricos, Rodrigues e Silva (2011) apontam a necessidade de ampliar as redes de coleta e o tratamento daqueles, para o atendimento aos serviços de saneamento.

Para cada processo de tratamento de esgoto serão gerados resíduos sólidos (material gradeado, areia, espuma e lodo) de características e composições diferentes que deverão ser submetidos a procedimentos específicos de reutilização ou disposição final, seja para uso benéfico ou não. O lodo é um desses resíduos proveniente dos tratamentos primário, secundário e terciário (GONÇALVES; SPERLING, 2001; ANDREOLI et al., 2001b; MATTA, 2011).

Os tratamentos de águas residuárias se tornam essenciais para a diminuição da poluição ambiental, por isso seu processamento se dá em quatro níveis (preliminar, primário, secundário e terciário) em uma estação de tratamento de esgoto (BERNARDES, 2004; MESQUITA et al., 2017). A implantação dessas etapas depende da eficiência requerida de projeto da estação e da capacidade do corpo hídrico receptor de depurar as águas (BRASIL, 2008).

O tipo e intensidade do tratamento das águas residuárias influenciam nas características do lodo gerado e na forma de disposição final deste; e, por conseguinte, a escolha entre descarte ou uso benéfico do biossólido determinará

a relevância entre um tipo de tratamento do lodo ou outro (ANDREOLI et al., 2001b; SANT'ANA, G.R.S; SANT'ANA, C.E.R; MENDES, 2018).

O lodo quando tratado e processado obtêm características permissíveis para o uso agrícola de maneira ambientalmente segura. Por ser rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes (como o nitrogênio, fósforo, potássio, entre outros), para as plantas recomenda-se sua aplicação como fertilizante e/ou condicionador de solo. O uso agrícola do lodo de esgoto como adubo orgânico é considerado hoje como a alternativa mais promissora de disposição final desse resíduo, principalmente na recuperação de áreas degradadas (BETTIOL; CAMARGO, 2000; CAMPOS; ALVES, 2008; MESQUITA et al., 2017).

A disposição dos biossólidos para recuperação de áreas degradadas e a reciclagem agrícola são as medidas mais ambientalmente aconselháveis para o lodo, tendo em vista a viabilidade da reciclagem dos nutrientes e a promoção de melhorias físicas na estruturação do solo (SANTOS, 2001; GODOY, 2013). Por outro lado, Costa et al. (1999); Andreoli et al. (2001b) e Pereira e Garcia (2017) marcam os biossólidos como sendo ambiental e economicamente viáveis na reciclagem agrícola pela análise de três critérios: a qualidade do lodo, o tipo de solo da área de aplicação e o tipo de cultura.

Várias técnicas têm sido utilizadas com o objetivo de recuperar solos degradados, e a maioria combina práticas mecânicas, que visam romper camadas compactadas, com a adição de matéria orgânica (De MARIA; CASTRO; SOUZA DIAS, 1999; SANT'ANA, G.R.S; SANT'ANA, C.E.R; MENDES, 2018). Várias fontes de matéria orgânica também têm sido utilizadas, como a do lodo de esgoto, que favorece a formação de agregados, facilitando a penetração das raízes e a vida microbiana, aumenta a resistência do solo à erosão, por estabilizar a estrutura do solo e aumentar a capacidade de retenção de água, tornando as culturas mais resistentes à seca, além de fornecer nutrientes para as plantas, propiciando maior rendimento de matéria verde e seca (TSUTIYA, 2001; ABRELPE, 2013).

Tendo em vista os efeitos positivos do uso do lodo de esgoto na recuperação de propriedades do solo e na busca por técnicas que possam contribuir para a regeneração de ecossistemas, principalmente aqueles com baixa resiliência, isto é, quando seu retorno ao estado anterior pode não

ocorrer ou ser extremamente lento, desenvolveu-se esta pesquisa com o objetivo de caracterizar as propriedades químicas do lodo de esgoto sem tratamento e com tratamento e do solo (Latosolo vermelho) comparando-os para verificar as características dos mesmos.

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo situa-se em Anápolis, Goiás, no DAIA (Distrito Agroindustrial de Anápolis), com coordenadas geográficas 16.40° S, 48.91° W, é composta por uma estação de tratamento de esgoto doméstico e por um solo de Cerrado, com vegetação anterior Cerradão na mesma localização da estação. A investigação ocorreu entre os meses de setembro à novembro de 2016.

Segundo a classificação climática de Ayoade (2003), o clima local é do tipo Tropical estacional de savana – Aw, com invernos secos e verões chuvosos. Apresenta chuvas de outubro a março e inverno seco de junho a setembro, com transições entre períodos úmidos e secos, e precipitação média total de 1700 mm anuais, temperatura média de 24°C e uma amplitude térmica de cerca de 15°C.

Solo

A área de estudo está inserida, de acordo com o mapa de Vegetação do Brasil (IBGE,1993), escala 1:5.000.000, no domínio da Savana (cerrado). A Savana gramíneo-lenhosa (Cerrado) - natural ou antrópica - caracteriza-se por formações campestres que se alternam com pequenas árvores isoladas, capões florestados e galerias florestais ao longo dos rios, mostrando, assim, uma grande variabilidade estrutural e, em consequência, grandes diferenças em porte e densidade, no que também influi a intensidade da ação antrópica. Apresenta dois estratos distintos, um arbóreo xeromorfo, lenhoso; com árvores que variam de pequeno a médio porte e que possuem troncos e galhos tortuosos, folhas coriáceas e brilhantes ou revestidas por uma densa camada de pelos; e outro estrato gramíneo lenhoso (SANTOS et al., 2018).

Os locais das coletas das amostras representam ambientes antropizados, devido à retirada da vegetação, e foram selecionados em função de condições ambientais diversas, tais como estabilidade do local, proximidade da estação e facilidade de acesso. O solo selecionado, Latossolo vermelho distrófico, é constituído por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura, com fertilidade relativamente baixa, de textura argilosa e média, em relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado (SANTOS et al., 2018). Distrófico, ou seja, com saturação por bases inferior a 50% e teores de Fe_2O_3 variando entre 180 g/kg a 360 g/kg na maior parte dos 100 cm iniciais do horizonte B (SANTOS et al., 2013), apresenta horizonte A moderado (não se enquadra nas demais variações de horizontes A e, de acordo com Oliveira (2008), a textura é argilosa (classes texturais com mais de 35% de argila).

Coleta de amostras de solo

As amostras de solo do Cerrado (vegetação anterior Cerradão) foram coletadas em uma minitrincheira de dimensões 50 cm X 50 cm. As coletas foram realizadas pela manhã em setembro e novembro de 2016, em uma minitrincheira aberta com a profundidade de 20 cm. A coleta foi realizada depois da retirada da serapilheira na profundidade de 0-5 cm. Retirou-se cerca de 100 g de solo, para cada análise, totalizando 1000 g e cada análise foi feita em triplicata.

As amostras de solo para as análises químicas foram armazenadas em sacos plásticos acomodados em um isopor, para manter a temperatura, e levadas ao laboratório da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange, Anápolis, Goiás (Tabela 1). Essas amostras de solo foram esboroadas e peneiradas em peneiras de 200 mesh, a fim de manter as amostras nas condições granulométricas desejadas e possibilitar um melhor resultado das análises químicas realizadas (EMBRAPA, 2017).

TABELA 1

Parâmetros químicos analisados na caracterização da qualidade do solo de Cerrado em Anápolis, Goiás

Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

pH

Zinco (ppm – Zn)

Cobre (ppm – Co)

Chumbo (ppm – Pb)

Sódio (ppm – Na)

Potássio (ppm – K)

Magnésio (ppm – Mg)

Fosforo total (ppm – P)

Nitrogênio total (ppm – N)

Ferro (ppm – Fe)

Cálcio (ppm – Ca)

Lodo de esgoto (biológico)

As amostras do lodo desidratado (lodo biológico) foram coletadas em quatro porções em frascos de plástico estéreis, em um leito de secagem, provenientes de uma estação de tratamento de esgoto doméstico.

Preparo das amostras de lodo

O Lodo biológico foi secado ao sol e dividido em dois tratamentos: uma amostra *in natura* (Tabela 2), outra seca ao sol, que passou por um tratamento de higienização com cal virgem (CaO – Oxido de Cálcio) em uma proporção de aplicação, com 60% de cal virgem (Tabela 2). Este tratamento foi para eliminar os patógenos no lodo coletado de acordo com Mesquita et al. (2017). As análises químicas foram feitas em triplicatas. As proporções selecionadas de cal virgem (60%) foi realizada de acordo com Mesquita et al. (2017).

TABELA 2

Proporção e preparação das amostras de lodo seco sem tratamento e com tratamento, antes das análises químicas

Amostra	Lodo seco ao sol (g)	Cal virgem (CaO) (g)	Porcentagem selecionada
1	100	-	Lodo sem tratamento
2	40	60	60 % cal

As amostras de lodo biológico no laboratório foram esboroadas e peneiradas em peneiras de 200 mesh, a fim de manter as amostras granulométricas e ter um melhor resultado das análises químicas realizadas (EMBRAPA, 2017).

As coletas para as análises físicas e químicas do lodo biológico foram levadas ao laboratório da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange, Anápolis, Goiás (Tabela 3):

TABELA 3

Parâmetros químicos analisados na caracterização do lodo de esgoto em Anápolis, Goiás

Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

pH

Zinco (ppm – Zn)

Cobre (ppm – Co)

Chumbo (ppm – Pb)

Sódio (ppm – Na)

Potássio (ppm – K)

Magnésio (ppm – Mg)

Fosforo total (ppm – P)

Nitrogênio total (ppm – N)

Ferro (ppm – Fe)

Cálcio (ppm – Ca)

Resultados e Discussão

De acordo com a figura 1, observa-se que a condutividade do solo apresentou um valor maior, que o lodo sem tratamento e o lodo com tratamento. O pH do lodo sem tratamento apresentou maior valor. O valor do zinco apresentou-se maior no lodo sem tratamento. O ferro apresentou um teor maior no lodo com tratamento. O maior valor de chumbo foi no lodo sem tratamento. O maior valor de sódio foi no solo. O potássio apresentou-se maior nas amostras de lodo com tratamento. O cálcio foi maior no lodo com tratamento, isso em função da presença da cal no lodo. O solo não apresentou valor de cálcio. O valor de magnésio foi maior no lodo sem tratamento. O lodo com tratamento apresentou o maior valor de fósforo. A amônia se apresentou em maior quantidade no lodo sem tratamento.

GRÁFICO 1

Médias dos resultados das análises químicas do solo, do lodo sem tratamento e lodo com tratamento em uma estação de tratamento de esgoto em Anápolis, Goiás.

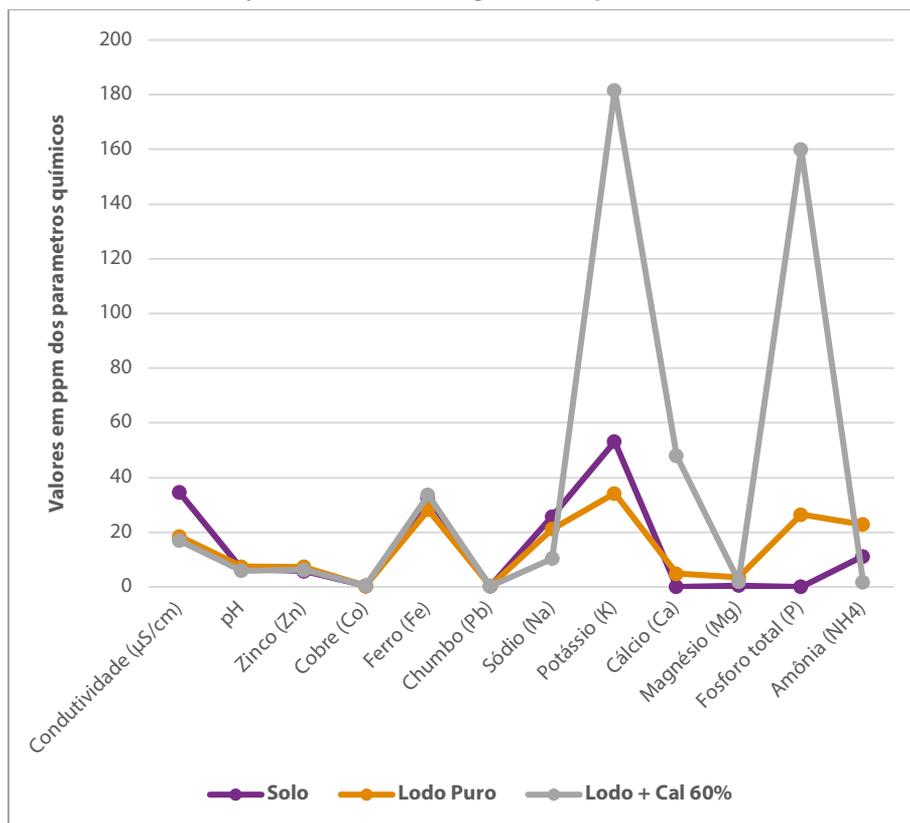


TABELA 4

Parâmetros Químicos comparados do solo do cerrado e do lodo biológico de uma estação de tratamento de esgoto em Anápolis, Goiás

Coluna1	Solo	Lodo Puro	Lodo + Cal 60%
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	34,58	18,5	16,97
pH	6,58	7,5	5,93
Zinco (Zn)	5,83	7,27	6,31
Cobre (Co)	0,4	0,43	0,49
Ferro (Fe)	32,48	28,27	33,6
Chumbo (Pb)	0,25	0,34	0,25
Sódio (Na)	25,77	21,23	10,42
Potássio (K)	53,13	34,24	181,63
Cálcio (Ca)	0	4,87	47,94
Magnésio (Mg)	0,53	3,4	2,09
Fosforo total (P)	0,00655	26,4	160
Amônia (NH ₄)	11,2	22,82	1,86

O pH do solo tende a ser mais ácido e o do lodo mais básico (GONÇALVES, 2006; LIMA et al., 2016). Já a condutividade depende da temperatura e também da natureza dos solventes, sendo assim o solo apresentou uma condutividade alta e o lodo baixa, isso em função de uma temperatura mais alta e o tipo de solventes existentes no lodo.

O valor de amônia está de acordo com o esperado, pois segundo Santos et al. (2018) a amônia é produzida pela determinação dos compostos orgânicos que contêm nitrogênio, pela hidrólise da ureia pela redução do nitrato em condições de anaerobiose. É encontrado em concentrações desde menos de 10 $\mu\text{S}/1$ até mais de 50 mg/1 N-NH₄⁺ em águas e tratamento de esgoto.

O fósforo, de acordo com a figura 1, apresentou um valor alto também, mas como o fósforo ocorre em forma solúvel, em partículas de detritos ou no corpo de organismos aquáticos, era esperado que seu valor fosse alto (DYNIA; BOEIRA; SOUZA, 2006; FERON, 2018).

De acordo com a Resolução CONAMA n° 375, de 29 de agosto de 2006 (BRASIL, 2006), o valor máximo de zinco permitido no lodo de esgoto ou produto derivado (mg/kg, base seca) é 2800. O do cobre é 1500 e o do chumbo é 300. Nota-se que os valores encontrados na figura 1 são inferiores ao da legislação. A quantidade de ferro aumentou um pouco. Isso já era esperado, pois o solo já possui uma quantidade razoável de ferro, somado ao lodo, tende a aumentar. De modo geral o cálcio, fósforo e potássio apresentaram valores maiores, isso em função do acréscimo da cal na amostra de lodo (MINGORANCE et al., 2014).

Os valores obtidos nas análises químicas para o solo estão bem próximos dos obtidos para o lodo sem tratamento e dessa forma, o presente estudo corroborou a existência de alternativas seguras para a utilização do lodo, após ser tratado e processado. As unidades das estações de tratamento de esgoto precisam adequar os processos de tratamento (estabilização, remoção de umidade e higienização) garantindo a qualidade do produto e a segurança no reuso, a fim de produzir biossólidos viáveis para a agricultura.

Para a reciclagem agrícola do lodo, devem ser considerados alguns aspectos, tais como: condições do solo para o uso do lodo de esgoto, qualidade do lodo e cultura agrícola recomendada. O estudo concluiu que o lodo, como biossólido, só será viável caso apresente as características especificadas pela norma que o regulamenta, assim como um plano de gerenciamento e monitoramento que avalie a produção do resíduo, os tipos de tratamento empregados, uso e manuseio dos biossólidos das unidades até os campos de cultivo.

Conclusão

A cal influenciou nas propriedades químicas do lodo, quando comparado com o solo, pois auxiliou na correção do solo, reduzindo a deficiência de cálcio pré-existente conforme observados nas análises laboratoriais e que é essencial para o crescimento das plantas.

O lodo de esgoto pode ser utilizado como insumo alternativo para a agricultura, sendo seguro desde que tratado e processado, com os métodos de secagem e utilização da cal.

Referências

ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2013. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

ANDREOLI, C. V.; et al. Disposição do lodo no solo. In: ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F.; SPERLING, M. (Org.). *Lodos de esgoto: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001b. cap.8. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 6).

AYOADE, J. O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. 9.ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2003.

BERNARDES, R. S. *Esgotos combinados e controle da poluição: estratégias para planejamento do tratamento da mistura de esgotos sanitários e águas pluviais*. Brasília: CAIXA, 2004.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Agricultura: opção animadora para a utilização de lodo de esgoto. *O Agrônomo*, São Paulo, n.52, p.13-16, 2000. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes>> Acesso em: 22 outubro 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Transversal: lodo gerado durante o tratamento de água e esgoto: guia do profissional em treinamento: nível 2*. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Brasília: Ministério das Cidades, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n° 375 de 29 de agosto de 2006*. Brasília: Governo Federal, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 02 out. 2018.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, Minas Gerais. V. 32, p. 1389-1397, 2008.

COSTA, A. N. et al. Reciclagem do lodo de lagoas na agricultura. In: GONÇALVES, R. F. *Gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas*. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 1999. p. 60-67. Disponível em: <<http://migre.me/qm9GC>> Acesso em: 22 out. 2018.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v. 23, n. 3, p.703-709, 1999.

DYNIA, J. F.; BOEIRA, R. C.; SOUZA, M. D. Nitrato no perfil de um latossolo vermelho distroférrico cultivado com milho sob aplicações sequenciais de lodo de esgoto. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O. (Eds.). *Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura*. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa, 2006.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solos*. 3ª ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2017.

FERON, G. Avaliação do tratamento e da destinação do lodo de esgoto da Estação de Tratamento e da destinação do lodo de esgoto do município de Francisco Beltrão, PR. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia)– Universidade do Oeste do Paraná, Campus de Francisco Beltrão, Paraná, 2018.

GODOY, L. C. A logística na destinação do lodo de esgoto. *Revista Científica On-line*, São Paulo, v.2, n.1, p.12, 2013. Disponível em: <<http://migre.me/qmam6>> Acesso em: 18 out. 2018.

GONÇALVES, P. Gestão de Resíduos Sólidos: Conceitos, Experiências e Alternativas. In: *Seminário Cadeia Produtiva da Reciclagem e Legislação Cooperativista*, Juiz de Fora, MG, 2006.

GONÇALVES, R. F.; SPERLING, M. Lodo de esgotos: características e produção. In: ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F.; SPERLING, M. (Org.). *Lodos de esgoto: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. cap. 2. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 6).

IBGE; INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. *Mapa de vegetação do Brasil*. 2ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; SOUZA, A.; COSTA, N. R.; MONTANARI, R. Influência de atributos químicos na erodibilidade e tolerância de perda de solo na Bacia Hidrográfica do Baixo São José dos Dourados. *Revista Geociências*. São Paulo, UNESP. v. 35, n. 1, p. 63-76, 2016.

MAIA, C. E. Qualidade ambiental em solo com diferentes ciclos de cultivo do meloeiro irrigado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, p. 603-609, 2013.

MATTA, M. E. M. Índice de perigo para subsidiar a aplicação de lodo de esgoto em solo agrícola. 2011. 113 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://migre.me/qmaA7>> Acesso em: 22 out. 2018.

MESQUITA, G. R. A.; RANDOW, J. R. V.; OLIVEIRA, R. L.; GONÇALVES, M. V. V. A. Viabilidade do lodo de esgoto na agricultura. *Revista Perspectivas Oline. Ciências Exatas e Engenharia*. Campos Goytacazes, Rio de Janeiro, v.17, n. 07, p. 80-87, 2017.

MINGORANCE, M. D.; OLIVA, S. R.; VALDÉS, B.; GATA, F. J. P.; LEIDI, E. O.; GUZMÁN, I.; PEÑA, A. Stabilized municipal sewage sludge addition to improve properties of an acid mine soil for plant growth. *Journal of Soils and Sediments*, v.14, n. 4, p. 703-712, 2014.

OLIVEIRA, J. B. *Pedologia aplicada*. 3. ed. Piracicaba: FEALQ, 2008.

PEREIRA, A. C. A; GARCIA, M. L. Efeitos da disposição de lodo de estações de tratamento de efluentes (ETE) de indústria alimentícia no solo: estudo de caso. *Revista Engenharia Sanitária Ambiental*. Rio Claro, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 531-538, maio/jun. 2017.

RODRIGUES, I. O.; SILVA, M. G. Dinâmica populacional e rede coletora de esgoto. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Atlas de saneamento 2011*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro, 2011.

SANT'ANA, G. R. S.; SANT'ANA, C. E. R.; MENDES, H. F. A. Aspectos físicos e químicos de espécies arbóreas nativas e agrícolas com uso de lodo de esgoto doméstico. *Revista TreeDimensional ProFloresta 2018 A1*. Goiânia, v. 3, nº 5, p. 1-13, 2018.

SANT'ANA, G. R. S.; SANT'ANA, C. E. R.; SILVA-NETO, C. M.; GONÇALVES, B. B.; SANT'ANA, L. R.; MONTEIRO, M. M.; RIBEIRO, A. C. C.; GONCALVES, R. A.; CASTRO, S. S. Microbiological features of dystroferic and dystrophic red oxisols under sugar cane crops subject to different management procedures. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, p. 941-950, 2016.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2013.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, H. F. Normatização para o uso agrícola dos biossólidos no exterior e no Brasil. In: ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F.; SPERLING, M. (Org.). *Lodos de esgoto: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. cap. 10. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 6).

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólido. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J. & MARQUES, M. O., (eds.). *Biossólidos na agricultura*. São Paulo, SABESP, Escola Politécnica – USP, ESALQ, UNESP, 2001. p.133-180.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. *O solo como um sistema*. Curitiba: Ed. Dos autores, 2011.