

# Uso de lodo de estação de tratamento de esgoto em adubagem agrícola e florestal: uma revisão narrativa

## *Use of sewage treatment plant sludge in agricultural and forestry fertilization: a narrative review*

<sup>1</sup> Luany Almeida Albarello  

<sup>2</sup> Joice Andrade de Araujo  

<sup>1</sup> UniFOA - Centro Universitário de Volta Redonda

<sup>2</sup> UniFOA - Centro Universitário de Volta Redonda

### RESUMO

A geração de resíduos provenientes do tratamento de esgoto tem aumentado vertiginosamente, justificada por imposições legais que estabelecem o emprego de estações de tratamento de esgoto para adequação dos efluentes lançados nos corpos hídricos. Tais imposições alinham-se às questões de habitação e padrões de saneamento, além do crescimento populacional e a migração para os centros urbanos. A investigação quanto à adoção de práticas sustentáveis no descarte e disposição do lodo de esgoto, subproduto do tratamento de efluente, apresenta-se como relevante, tendo em vista a sobrecarga dos aterros sanitários e o consumo energético requerido por diversos métodos de tratamento. Nesse contexto, faz-se necessária a caracterização do lodo, bem como a observância das legislações e normatizações vigentes, direcionadas ao seu uso como corretor de solo na agricultura. Sobre essa visão, o presente estudo tem como objetivo descrever a eficácia e os desafios da utilização do lodo de esgoto como biofertilizante na agricultura, avaliando sua capacidade de substituir parcialmente os fertilizantes sintéticos e seus impactos ambientais e econômicos. Com intuito de atender ao objetivo estabelecido, o caminho de investigação foi conduzido sob forma de revisão bibliográfica, a partir de coleta de dados em bases indexadas e posterior análise e discussão. Em síntese, foi possível verificar a viabilidade do uso do lodo de esgoto na agricultura, dado ao atendimento as devidas recomendações.

### Palavras-chave:

Resíduos orgânicos. Sustentabilidade. Legislação ambiental. Lodo de esgoto. Reaproveitamento.

### ABSTRACT

The generation of waste from sewage treatment has increased dramatically, justified by legal impositions, which establish the use of sewage treatment plants to adapt the effluents discharged into water bodies. Such impositions are aligned with housing issues and sanitation standards, in addition to population growth and migration to urban centers. The investigation regarding the adoption of sustainable practices in the disposal and disposal of sewage sludge, a by-product of effluent treatment, is relevant, in view of the overload of landfills and the energy consumption required by various treatment methods. In this context, it is necessary to characterize the sludge, as well as to comply with the current legislation and regulations directed to its use as a soil corrector in agriculture. From this point of view, the present study aims to describe the effectiveness and challenges of using sewage sludge as a biofertilizer in agriculture, evaluating its ability to partially replace synthetic fertilizers and its environmental and economic impacts. In order to meet the established objective, the research path was conducted in the form of a bibliographic review from data collection in indexed databases and subsequent analysis and discussion. In summary, it was possible to verify the feasibility of the use of sewage sludge in agriculture, given the appropriate recommendations.

### Keywords:

Organic waste. Sustainability. Environmental legislation. Sewage sludge. Reuse.

## 1 INTRODUÇÃO

O uso do lodo de esgoto na agricultura tem sido uma opção promissora para seu descarte. Esse lodo possui nutrientes essenciais que enriquecem o solo, atuando como um substituto eficaz para adubos convencionais. Estudos mostram que ele é rico em matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e micronutrientes, o que contribui para a fertilidade do solo. Dessa forma, sua aplicação na agricultura é vantajosa, conforme apontam os estudos dos pesquisadores Ferraz (2013), Vega *et al.* (2004) e Santos *et al.* (2014), embora a utilização de bio sólidos em áreas agrícolas seja limitada, devido à presença de poluentes, principalmente, no que se refere aos metais pesados.

A EPA dos Estados Unidos da América (E.U.A) estabelece critérios para a destinação dos lodos oriundos do tratamento biológico de esgotos, enquanto, no Brasil, essa regulamentação é feita pela resolução nº 375 do CONAMA, publicada no ano de 2006. Essa precaução é devido à presença, não apenas de compostos benéficos, mas também de poluentes, compostos orgânicos persistentes e microrganismos nocivos ao homem (Brasil, 2006).

A questão central de pesquisa reside em investigar se é possível a aplicação de bio sólidos na agricultura apenas ao descarte de resíduos ou a uma reciclagem eficaz também, haja vista que o lodo proveniente de tratamentos de águas residuais é rico em nitrogênio, fósforo e potássio, tornando-se assim, uma alternativa potencial à fertilização tradicional.

Nos últimos dez anos, o Brasil tem se dedicado a pesquisas sobre a reutilização do lodo de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), com foco em resolver os desafios do descarte adequado e analisar a viabilidade da substituição de fertilizantes sintéticos por esse resíduo. No entanto, é fundamental reconhecer os benefícios e limitações do uso de lodo de esgoto na agricultura, considerando os aspectos de sustentabilidade e o arcabouço legal (Gomes, 2019).

Mediante ao exposto, esta pesquisa tem por intuito investigar e descrever as implicações e a eficácia da utilização de bio sólidos provenientes de estações de tratamento de esgoto na agricultura. O objetivo é analisar de maneira abrangente tanto os benefícios quanto as limitações associadas ao uso desses bio sólidos como substituto de fertilizantes convencionais.

## 2 METODOLOGIA

O presente estudo configura-se como qualitativo- descritivo e, por meio de uma revisão integrativa, desenvolveu sua compreensão, análise e síntese a respeito do uso agrícola de lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto. Para tanto, foram realizadas pesquisas em bases indexadas, como *Scielo*, *Science Direct* e *Springerlink*, entre os anos de 2014 e 2023. as quais serviram como arcabouço central para o atendimento do objetivo da pesquisa, embora anos anteriores tenham sido utilizados, por abarcarem conceitos clássicos e normativos dominantes no segmento (Quadro 1).

**Quadro 1 - Referências bibliográficas utilizadas como base.**

Autor(es)	Ano de Publicação	Título da Obra
Vega, A. <i>et al.</i>	2004	Utilização de lodo de esgoto na fertilização do solo: uma revisão crítica
Ferraz, J. L.	2013	Aplicação de bio sólidos na agricultura: benefícios e limitações
Santos, A. <i>et al.</i>	2014	Avaliação dos efeitos dos bio sólidos na qualidade do solo e produtividade agrícola

Brasil, M.	2016	Resolução nº 375 do CONAMA: diretrizes para a aplicação de biossólidos na agricultura
Smith, L. et al.	2018	Contaminação por metais pesados em solos agrícolas: impacto da aplicação de biossólidos
Gomes, R.	2019	Reutilização de lodo de esgoto na agricultura: aspectos técnicos e econômicos.
Carvalho, T.	2020	Aspectos agrônômicos e ambientais da aplicação de biossólidos na fertilização de culturas
Johnson, P. & Lee, H.	2021	Sustentabilidade e segurança na utilização de biossólidos: uma análise das regulamentações internacionais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados os resultados e a discussão que emergiram das investigações a respeito do objeto de estudo: o uso agrícola de lodo de ETE como biofertilizante. Para tanto, os resultados foram agrupados em três categorias, a saber: (1) Origem e características do lodo de Estação de Tratamento de Esgoto – ETE; (2) A relevância do uso do lodo de esgoto como corretor em solo agrícola e florestal e, por fim; (3) Condições e pré-requisito para o uso de lodo de ETE em adubação agrícola.

#### 3.1 Origem e características do lodo de Estação de Tratamento de Esgoto – ETE

Antes de se propor a produção ou o uso de biossólidos, faz-se necessário conhecer sua origem e características. Nesse sentido, os subtópicos, desta seção, exercem, resumidamente essa função.

##### 3.1.1 Lodo de ETE

O lodo de esgoto, oriundo do tratamento em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), é composto por materiais orgânicos e inorgânicos. Quimicamente, possui nutrientes essenciais para plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio, além de micronutrientes (Kirkpatrick, Davis, Wu, 2013).

De acordo com os estudos de Carvalho *et al.* (2015), a composição média dos lodos de sistemas anaeróbicos pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Teores totais de C, N e P nos lodos de esgoto

Tabela 3 - Teores totais de C, N e P nos lodos de esgoto

Lodo <sup>1</sup>	C-total	C-org	C-inorg	N total	N-org g kg <sup>-1</sup>	N-inorg	P-total	P-org	P-inorg	C/N
LAC	185,93 (±2,15)	135,86 (±7,34)	50,06 (±6,73)	18,10 (±0,52)	17,56 (±0,54)	0,54 (±0,11)	9,24 (±0,21)	3,71 (±0,24)	5,53 (±0,13)	7,50 (±0,20)
LAP	311,55 (±9,22)	301,47 (±8,17)	10,08 (±1,22)	42,08 (±1,13)	37,66 (±1,16)	4,41 (±0,19)	9,72 (±0,26)	2,51 (±0,42)	7,21 (±0,33)	7,34 (±0,38)
LAS	345,70 (±4,57)	337,24 (±6,28)	8,46 (±1,45)	42,63 (±0,71)	39,02 (±0,59)	3,61 (±0,16)	7,05 (±0,16)	2,93 (±0,77)	4,12 (±0,62)	7,91 (±0,17)
LLP	314,80 (±10,04)	308,52 (±9,54)	6,28 (±0,97)	27,18 (±0,54)	25,10 (±0,50)	2,08 (±0,16)	5,93 (±0,29)	1,99 (±0,31)	3,94 (±0,06)	11,10 (±0,46)
CL	217,45 (±9,04)	208,53 (±9,10)	8,92 (±0,96)	17,40 (±0,59)	14,72 (±0,55)	2,68 (±0,29)	3,99 (±0,22)	1,34 (±0,24)	2,66 (±0,13)	11,99 (±0,44)
Contrastes										
CON1	-97,35**	-100,00**	2,64**	-3,78**	-10,38**	0,60**	-1,93**	-0,65*	-1,29**	0,92**
CON2	285,40**	366,98**	-81,58**	48,50**	41,57**	6,93**	-1,72*	-1,99**	0,27**	-5,04**
CON3	34,15**	35,76**	-1,62**	0,55**	1,35*	-0,80**	-2,67**	0,42**	-3,08**	0,71**

\* Significativo ao nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste t; \*\* Significativo ao nível de 1% ( $p \leq 0,01$ ) pelo teste t; \* Não significativo.

<sup>1</sup> LAC = lodo anaeróbico condicionado com cal hidratada e cloreto férrico; LAP = lodo anaeróbico condicionado com polímero sintético; LAS = lodo anaeróbico condicionado com polímero sintético e seco termicamente; LLP = lodo proveniente de lagoas de estabilização e condicionado com polímero sintético; CL = composto obtido por meio de compostagem do LLP em mistura com bagaço de cana-de-açúcar e restos de poda urbana (1:1:0,33; v:v).

Fonte: (Carvalho, *et al.* 2015)

Fonte: Carvalho, *et al.*, 2015.

Biologicamente, o lodo de ETE pode conter diversos microrganismos, incluindo alguns potencialmente patogênicos. Suas características físicas variam, podendo ir de uma consistência líquida à sólida.

Enquanto é valioso como adubo devido aos seus nutrientes, sua aplicação na agricultura exige cautela devido à presença de metais pesados e compostos orgânicos persistentes, que podem apresentar riscos à saúde e ao ambiente. (Junqueira & Pereira, 2019).

### **3.2 A relevância do uso do lodo de esgoto como corretor em solo agrícola e florestal**

Com intuito de apresentar a relevância do uso do lodo de esgoto como corretor em solo agrícola e florestal, alguns conceitos se fazem necessários, conforme os subtópicos desta seção.

#### **3.2.1 Reuso do lodo de ETE**

O reaproveitamento do lodo produzido em estações de tratamento de esgoto (ETE) tem sido objeto de estudos em todo o mundo, incluindo o Brasil, onde diversas pesquisas foram conduzidas na última década. O lodo de esgoto, um subproduto sólido do tratamento, contém microorganismos e nutrientes essenciais, como nitrogênio e fósforo, os quais têm grande importância no desenvolvimento das plantas e na obtenção de alta produtividade. Esse material é utilizado como fertilizante (Quintana, 2006).

Além de sua composição nutritiva, o lodo de esgoto também exerce influência nas propriedades físicas e químicas do solo. Estudos demonstraram que sua aplicação melhora a densidade, porosidade e capacidade de retenção de água do solo. Isso, por sua vez, eleva o pH, reduz o teor de alumínio trocável, aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC) e a disponibilidade de nutrientes para as plantas. A presença de matéria orgânica e outros nutrientes no lodo promove o crescimento dos organismos do solo, desempenhando um papel crucial na ciclagem dos elementos (Malta, 2001).

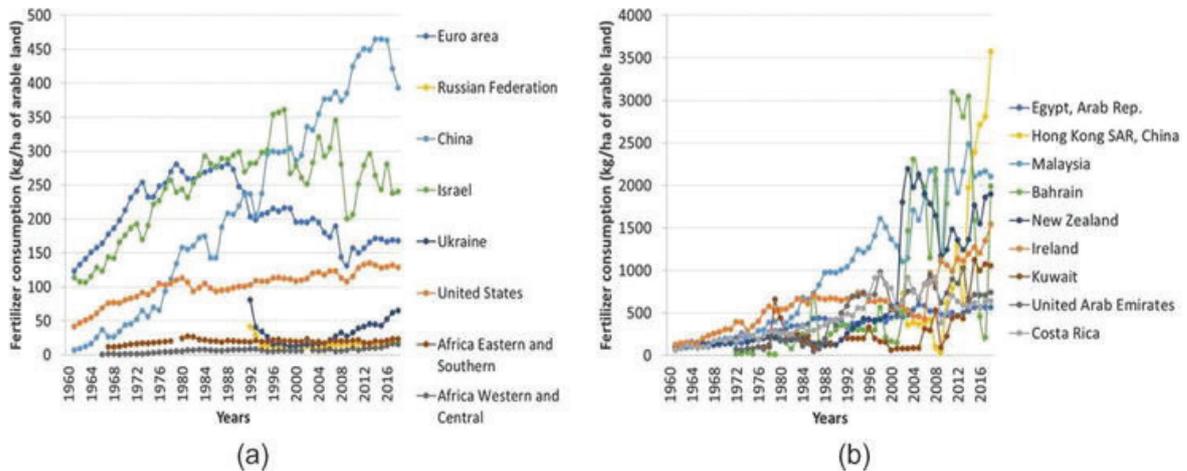
#### **3.2.2 Promoção da economia circular**

No contexto dos princípios de desenvolvimento sustentável, é essencial considerar alguns componentes principais para a solução racional do complexo problema dos lodos municipais.

As práticas agrícolas inadequadas, combinadas com o uso excessivo de fertilizantes químicos em solos empobrecidos, têm causado um impacto ambiental negativo que leva à degradação das terras agrícolas. O esforço para aumentar a produtividade através do uso intensivo de químicos nos fertilizantes reduz ainda mais a fertilidade do solo. A cada colheita, o solo perde compostos orgânicos, e a persistência de práticas agrícolas inadequadas frequentemente impede a recuperação da terra. O consumo mundial de fertilizantes químicos aumentou de 70,95 kg/ha em 1976 para 138,16 kg/ha em 2016. Em algumas regiões, a dose de fertilização chegou a centenas e até milhares de quilos por hectare (Figura 1) (Muter, *et al.*, 2022 - Tradução própria)

**Figura 1 - Consumo de fertilizantes por diversos países e regiões.**

a) Dados relativos a alguns países e regiões por consumo de fertilizante inferior a 500 kg/ha. b) Dados sobre países com um rápido crescimento no consumo de fertilizante, em escala superior a 500 kg/ha.



Fonte: Muter, et al. (2022)

### 3.2.3 Aspectos tecnológicos

Para a obtenção de um composto seguro a partir do lodo de esgoto, faz-se necessário o emprego de tecnologias, de modo a adequar as condições que o caracterize como um fertilizante útil, ou seja, que esteja de acordo com os padrões normativos pré-estabelecidos. Para tanto, a Figura 2 sintetiza um grupamento de métodos utilizados para a desinfecção do lodo de esgoto. Ressalta-se que tais métodos podem ser agrupados em um arranjo tecnológico, de forma a otimizar os resultados no tratamento (Muter, et al. 2022).

Figura 2 - Diferentes métodos de desinfecção de lodo.

Tratamento Físico	Tratamento Químico
<input type="checkbox"/> Sonicação - Diferentes tipos de cavitação hidrodinâmica Secagem em Reatores: Fluxo	<input type="checkbox"/> Peróxido de hidrogênio: método de suporte
<input type="checkbox"/> ascendente de convecção direta 140 °C, fluxo de 0,4 Kg/min., lodo > 60 °C por 2 h	<input type="checkbox"/> Hidrólise ácida
<input type="checkbox"/> Hidrólise Térmica: 150-250 °C ( alta); 140-170 °C por 5-30 min. 60 °C por > 2 h ( baixo)	<input type="checkbox"/> Hidrólise alcalina: 5% g/g CaO, 0,005 = 0,15 g/g de lama Ca(OH) <sub>2</sub>
<input type="checkbox"/> Irradiação gama: 0,5 KGy a 50 °C com 3% de sólidos	<input type="checkbox"/> Cloração: 5 a 20 mg/dm <sup>3</sup> de cloro gasoso por 30-60 min.
<input type="checkbox"/> Irradiação solar: >500 W/m <sup>2</sup> KGy a 50 °C com 3% de sólidos	<input type="checkbox"/> Outros..
<input type="checkbox"/> Aquecimento elétrico: 95 °C por 2h, 0,15 < NaCl como eletrólito	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Irradiação UV: 254, dose uv de 20 mJ/cm <sup>2</sup>	
<input type="checkbox"/> Sonicação: 20-100 KHz, diferentes tipos de cavitação hidrodinâmica	
<input type="checkbox"/> Irradiação por microondas: método de suporte	
<input type="checkbox"/> Congelamento: Tratamento de congelamento rápido por reação endo térmica da dissociação do hidrato de CO <sub>2</sub> gás, levando à ruptura e desidratação da célula	

Fonte: Adaptado de Muter *et al.* (2022)

### 3.3 Condições e pré-requisito para o uso de lodo de ETE em adubação agrícola.

Os subtópicos desta seção apresentam de forma resuma informações normativas restritivas quanto ao uso do lodo de ETE em adubação agrícola.

#### 3.3.1 Legislação regulatória para o uso do lodo de ETE

A legislação regulatória, como a Resolução CONAMA 375, estabelece diretrizes para a utilização segura de lodo na agricultura, considerando padrões microbiológicos e outros critérios de segurança (Quintana, 2006; Brasil, 2006).

A Resolução CONAMA 375 foi revogada pela Resolução CONAMA 498/2020 (Brasil, 2020), ampliando a produção e uso de biossólidos oriundos de lodo industrial, além de configurar-se como menos restritiva, quando comparada à Resolução CONAMA 375. Embora a Resolução CONAMA 498/2020 seja mais flexível que a Resolução CONAMA 375/2006, tal condição não torna a Resolução vigente insegura,

no que se refere à guarnição da saúde humana, principalmente, devido ao fato de ter sido fundamentada em metodologias científicas, como a avaliação quantitativa de risco microbiológico (AQRM)

A adoção de métodos de tratamento, como reatores anaeróbios, como o *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), é comum na produção de lodo de esgoto de qualidade. O UASB, por exemplo, transforma o lodo por fermentação anaeróbica e posterior tratamento aeróbico, gerando benefícios como baixo custo de implementação e manutenção (Silva, 2009).

Em termos de uso prático, estudos mostraram que o lodo de esgoto pode melhorar a nutrição das plantas e a produtividade agrícola. A aplicação do lodo resultou em aumento na produção de madeira em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e incremento da biomassa em espécies arbóreas. O uso de lodo de esgoto como biofertilizante também apresentou redução de custos e aumento da receita bruta em culturas como o milho (Rocha; Gonçalves; Moura, 2004; Gobbi, 2003).

Em relação aos padrões regulatórios, há divergências entre as abordagens europeias, norte-americanas e brasileiras. A Resolução CONAMA 375 estabelece categorias para lodo classe A e B, com critérios microbiológicos e restrições para seu uso agrícola. Essas normas refletem preocupações sobre patógenos e substâncias potencialmente tóxicas, como metais pesados, mas também reconhecem os benefícios agrônômicos do lodo de esgoto (Brasil, 2006).

A prática de reutilizar lodo de esgoto na agricultura é uma proposta inovadora e sustentável que pode trazer benefícios significativos para a produtividade agrícola e o meio ambiente. No entanto, é vital que essa prática seja realizada com base em critérios rigorosos de controle de qualidade e regulamentação, garantindo que os benefícios superem quaisquer potenciais riscos.

Em síntese, é inegável a necessidade em explorar a viabilidade e os desafios da utilização do lodo de esgoto na agricultura como alternativa de reciclagem eficaz e sustentável. Para tanto, algumas ações são necessárias quanto ao uso agrícola do lodo de ETE: (a) analisar a composição nutricional do lodo, enfatizando seus benefícios como substituto de adubos convencionais; (b) avaliar as restrições ambientais e de saúde devido à presença de poluentes, incluindo metais pesados, bem como investigar os critérios regulatórios estabelecidos pela EPA dos E.U.A. e pela resolução nº 375 do CONAMA (2006) no Brasil; (c) considerar o papel da compostagem na transformação do lodo em composto orgânico de alta qualidade em conformidade com padrões sanitários e ambientais; (d) analisar o progresso recente das pesquisas no Brasil relacionadas à reutilização de lodo de ETE, com foco na substituição de fertilizantes sintéticos e na abordagem dos desafios de descarte apropriado; e (e) avaliar os aspectos de sustentabilidade, considerando os benefícios e limitações do uso do lodo de esgoto na agricultura, bem como o contexto legal que o envolve (Brasil, 2006).

### **3.4 Vantagens e desvantagens quanto ao uso de lodo de ETE**

Apesar dos benefícios, a origem do lodo de esgoto deve ser considerada devido aos riscos potenciais. Quantidades excessivas de metais pesados e agentes patogênicos podem limitar seu uso na agricultura, particularmente na horticultura. A definição da quantidade ideal de lodo a ser aplicada em diferentes culturas é um tópico abordado por diversos estudos e restrições específicas estão associadas ao emprego desse material em culturas hortícolas (Quintana, 2006).

A aplicação de lodo de esgoto como biofertilizante e condicionador de solos oferece uma série de vantagens. Além da redução de custos e da conservação do ambiente, essa prática contribui para a melhoria das características físicas e químicas do solo. O processo também representa uma alternativa valiosa para a transformação de um resíduo sólido em um insumo agrícola eficaz, capaz de fornecer

matéria orgânica e nutrientes essenciais para o solo. No entanto, a preocupação com possíveis contaminações por patógenos e metais pesados exige a implementação de tratamentos adequados, como a compostagem, para garantir a segurança do lodo (Tsutiya *et al.*, 2001).

A utilização de lodo proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) na agricultura é particularmente relevante devido à capacidade de reciclar nutrientes. Elementos como fósforo, nitrogênio e potássio são essenciais para o desenvolvimento das plantas, porém a quantidade desses nutrientes no lodo pode variar, dependendo do tratamento e do tipo de esgoto tratado.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A reutilização do lodo proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) na agricultura emerge como uma solução ecológica e inovadora para a gestão de resíduos e a melhoria da fertilidade do solo. Os nutrientes presentes nesse subproduto podem impulsionar a produtividade agrícola, promovendo a saúde do solo e otimizando o uso de recursos. No entanto, a adoção dessa prática não está isenta de desafios. A presença potencial de patógenos e metais pesados demanda vigilância constante e rigor no tratamento, visando garantir a segurança para a saúde humana e o meio ambiente. Assim, para que o lodo de esgoto se consolide como uma alternativa viável e sustentável na agricultura, é fundamental que normas regulatórias, como a Resolução CONAMA 498 e a Resolução CONAMA 375/2006, sejam rigorosamente seguidas e que investimento em pesquisas e tecnologias de tratamento seja continuamente realizado.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Resolução CONAMA 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 e dá outras providências. Disponível em: [https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-3752-006\\_103464.html](https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-3752-006_103464.html). Acesso em: 05 outubro 2023.
- BRASIL, **Resolução CONAMA n. 498, de 19 de agosto de 2020.** Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de bio sólido em solos, e dá outras providências. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=797](https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=797). Acesso em: 05 outubro 2023.
- CARVALHO, Cristina Silva et al. Composição química da matéria orgânica de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**, Recife, v. 10, n. 3, p. 413-419, 2015.
- FERRAZ, A. V. **Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade e na ciclagem de nutrientes em plantios de Eucalyptus grandis e no cultivo de plantas alimentícias (simulando alteração do uso agrícola do solo).** 2013. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- GOBBI, M. A. **Potencialidade do uso do lodo de esgoto como fonte de macronutrientes no cultivo do milho (Zea mays L.) no município de Maringá - PR.** 2003. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2003.
- GOMES, Lídia de Assis. **Aproveitamento do lodo gerado em estações de tratamento de esgoto e a relação com o meio ambiente.** 2019. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.
- JUNQUEIRA, J. A. & PEREIRA, M. F. R. Aplicação de lodo de esgoto na agricultura: benefícios e riscos associados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 43, e0180150, 2019.
- KIRKPATRICK, T.; DAVIS, A.; WU, L. Nutrient management and the use of biosolids in agriculture. **Journal of Environmental Quality**, 42 (3), 645-656, 2013.
- MALTA, T. S. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura: estudo do caso do município de Rio das Ostras - RJ.** 2001. Dissertação (Mestrado) - Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro. 2001.
- MUTER, Olga et al. Application of the Sewage Sludge in Agriculture: Soil Fertility, Technoeconomic, and Life-Cycle Assessment. Submitted: 04 January 2022 Reviewed: 04 March 2022 Published: 20 April 2022. DOI: 10.5772/intechopen.104264, In: Banu Jeyakumar, R., Sankarapandian, K., & Kannah Ravi, Y. (Eds.). **Hazardous Waste Management.** IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.96834, 2022.
- QUINTANA, N. R. G. **Análise econômica da aplicação de bio sólido na agricultura.** 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biosólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 623-639, 2004.

SANTOS, F. E. V.; KUNZ, S. H.; CALDEIRA, M. V. W.; AZEVEDO, C. H. S.; RANGEL, O. J. P. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 9, p. 971-979, 2014.

SILVA, K. K. B. da. Efeitos da irrigação com lodo de esgoto tratado sobre o Sistema solo-planta (milho) e indução da supressividade a doenças causadas por nematóides. 2009. 88f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

TSUTIYA, M. T.; *et al.* Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: (Org.) **Biossólidos na Agricultura**, 1. ed. p. 89-131. São Paulo: SABESP, 2001.

VEGA, F.V. A.; BOVI, M. L. A.; BERTON, R. S.; GODOY JUNIOR, G.; CEMBRANELLI, M. A. R. Aplicação de Biossólido na implantação da cultura da pupunheira. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 131-135, 2004.