

# Lodo de Esgoto como alternativa de fertilização agrícola para o município de Igaci - AL

Sewage sludge as an alternative for agricultural fertilization for the municipality of Igaci – AL

Lodos de depuradora como alternativa de fertilización agrícola para el municipio de Igaci - AL

Recebido: 16/05/2022 | Revisado: 09/06/2022 | Aceito: 11/06/2022 | Publicado: 13/06/2022

**Thomás Correia Lins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4897-4085>

Instituto Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [thomaslins92@gmail.com](mailto:thomaslins92@gmail.com)

**André Suêlto Tavares de Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4687-0645>

Instituto Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [andre.suelto@ifal.edu.br](mailto:andre.suelto@ifal.edu.br)

## Resumo

No Brasil, geralmente, o lodo de esgoto é encaminhado para o aterro sanitário, comprometendo o tempo de vida útil dos aterros, por ocupar o local de outros resíduos sólidos domésticos. Tendo em vista a riqueza de nutrientes do lodo, e a sua reciclagem agrícola como alternativa técnica, econômica e ambientalmente segura, o presente trabalho desenvolveu uma técnica para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto gerado pela estação de tratamento de esgoto do município de Igaci, escolhido por ter sua estação de tratamento de esgoto construída recentemente (agosto/2018). O presente trabalho buscou calcular a dosagem de lodo necessária nas áreas agrícolas, para as principais culturas utilizadas no município. Com isso, pretende-se realizar a reciclagem do lodo de esgoto do município de Igaci, analisando a dosagem necessária do biossólido para cada tipo de cultura que possa ser utilizada nas áreas agrícolas, comparando com outros tipos de adubos orgânicos e químicos. Esse estudo possibilita uma boa gestão do lodo da estação de tratamento de esgoto do município de Igaci, favorecendo a recuperação dos solos e a otimização da agricultura.

**Palavras-chave:** Agricultura sustentável; Biossólido; Gerenciamento de lodo; Resíduos de saneamento; Fertilizante orgânico.

## Abstract

In Brazil, generally, the sewage sludge is sent to the sanitary landfill, compromising the useful life of the landfills, by occupying the place of other domestic solid waste. In view of the nutrient richness of the sludge, and its agricultural recycling as a technical, economic and environmentally safe alternative, the present work developed a technique for the agricultural recycling of the sewage sludge generated by the sewage treatment plant in the municipality of Igaci, chosen for having its sewage treatment plant recently built (August/2018). The present work sought to calculate the required sludge dosage in agricultural areas, for the main crops used in the municipality. With this, it is intended to carry out the recycling of sewage sludge from the municipality of Igaci, analyzing the necessary dosage of biosolid for each type of culture that can be used in agricultural areas, comparing with other types of organic and chemical fertilizers. This study enables a good management of the sludge from the sewage treatment plant in the municipality of Igaci, favoring the recovery of soils and the optimization of agriculture.

**Keywords:** Sustainable agriculture; Biosolid; Sludge management; Sanitation waste; Organic fertilizer.

## Resumen

En Brasil, generalmente, los lodos de depuradora son enviados al relleno sanitario, comprometiendo la vida útil de los rellenos sanitarios, al ocupar el lugar de otros residuos sólidos domésticos. En vista de la riqueza de nutrientes de los lodos, y su reciclaje agrícola como alternativa técnica, económica y ambientalmente segura, el presente trabajo desarrolló una técnica para el reciclaje agrícola de los lodos de depuradora generados por la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Igaci, elegido por tener su planta de tratamiento de aguas servidas recién construida (agosto/2018). El presente trabajo buscó calcular la dosificación de lodos requerida en áreas agrícolas, para los principales cultivos utilizados en el municipio. Con ello se pretende realizar el reciclaje de los lodos de depuradora del municipio de Igaci, analizando la dosificación de biosólido necesaria para cada tipo de cultivo que se pueda utilizar en las zonas agrícolas, comparándolo con otro tipo de abonos orgánicos y químicos. Este estudio permite una buena gestión de los lodos de la estación depuradora del municipio de Igaci, favoreciendo la recuperación de suelos y la optimización de la agricultura.

**Palabras clave:** Agricultura sostenible; Biosólido; Gestión de lodos; Residuos de saneamento; Fertilizante orgánico.

## 1. Introdução

O esgotamento sanitário do Brasil é pauta de discussões e debates por apresentar índices de coleta e tratamento inferiores a 50% em vários municípios, principalmente, das regiões Norte e Nordeste (BRASIL, 2019). No entanto, uma constante expansão de obras e investimentos vem ocorrendo no país, como forma de universalizar o esgotamento sanitário e reduzir impactos na saúde da população e no meio ambiente (PAC, 2018).

As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) são peças fundamentais para reduzir estes impactos, pois funcionam como fábricas, possuindo como matéria prima todo o esgoto bruto coletado, e tendo como produto final o esgoto tratado. Assim como toda fábrica, são gerados rejeitos a partir do seu sistema de produção (tratamento do esgoto), sendo um deles o lodo de esgoto.

Com o funcionamento das ETEs, um novo problema ambiental é gerado: a gestão e disposição desse lodo de esgoto (LE). No Brasil, o LE geralmente é encaminhado para o aterro sanitário, sendo esse processo chamado de codisposição (Luduvic e Fernandes, 2001). Esse tipo de disposição acaba diminuindo o tempo de vida útil dos aterros, que misturam o lodo com os resíduos sólidos domésticos, ocupando assim mais espaço (Alamino, 2010).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº12.305 de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), tem como diretrizes o incentivo a não geração e a redução, reutilização e tratamento dos resíduos sólidos, bem como destinação adequada dos rejeitos. Segundo essa legislação, são considerados rejeitos apenas as partes dos resíduos que não apresentam possibilidade de reciclagem.

Condizente com a PNRS, Urban, Lima e Morita (2019) trazem vários exemplos do uso benéfico do lodo de estações de tratamento de água e esgoto, como a recuperação de áreas degradadas, matéria-prima de compostos orgânicos, aplicação em telhados verdes, controle de erosão, utilização em solo de silvicultura, uso em fornos de cimento, fabricação de materiais de construção, pavimentação, e ainda a possibilidade de fontes de energia por processos termais de tratamento, incineração, coincineração, pirólise e gaseificação.

A reciclagem de lodo gerado na Estação de Tratamento de Esgoto, visando à valoração de solos, representa uma alternativa técnica, econômica e ambientalmente segura, por ser um resíduo rico em matéria orgânica, que aumenta a resistência dos solos à erosão. Além disso, o biossólido é uma excelente fonte de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, o que o torna uma boa alternativa para áreas agrícolas (PROSAB, 2001). Essas características do resíduo podem trazer benefícios às plantas, possibilitando aumento da produtividade, o valor nutricional do produto e, conseqüentemente, a lucratividade na atividade agrícola (Nobrega, Pontes e Santiago, 2017, Martins, 2016, Campos et al, 2008, Miranda et al, 2011, Bonini et al., 2015, Abreu et al., 2019).

Em alguns países como os EUA e o Canadá, o lodo de esgoto está sendo aproveitado para a agricultura, devido a sua riqueza em nutrientes (Alamino, 2010). Nos estados brasileiros, as regulamentações dessa aplicação foram iniciadas em 1999 em São Paulo com a Norma Técnica P4.230 da CETESB (CETESB, 1999). Em 2006 foi criada a Resolução CONAMA 375, definindo critérios e procedimentos para utilização agrícola do lodo de esgotos gerados em estação de tratamento (Brasil, 2006).

A aplicação do lodo na agricultura é uma alternativa particularmente promissora para países como o Brasil, onde se faz necessária a reposição do estoque de matéria orgânica dos solos devido ao intenso intemperismo das nossas condições climáticas (PROSAB, 1999). Essa aplicação ainda não é comum em todos os estados brasileiros. Sampaio (2013) relata que apenas algumas estações de tratamento encaminham o lodo para uso agrícola, e que essa ação vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, principalmente nos Estados do Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul e Distrito.

Bittencourt, Aisse e Serrat (2017) avaliaram a gestão do processo de uso agrícola de lodo de esgoto do Paraná, no período de 2011 à 2013, retratando uma aplicação de 107.416 toneladas de lodo em 5.529 hectares de áreas agrícolas. Foram beneficiados 104 agricultores em 41 municípios do estado do Paraná, com a aplicação do LE em adubação verde, amora, azevém,

café, cana, cevada, citrus, feijão, milho, soja, implantação de grama e reflorestamentos de eucalipto e pinus (Bittencourt, Aisse e Serrat, 2017). Atendendo os limites exigidos pela Resolução SEMA nº 021/09 (Paraná, 2009).

Tendo em vista a recente construção da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Igaci (ano de 2018), e o valor socioeconômico do Lodo de Esgoto gerado quando adequado para adubo (biossólido), a proposta do presente estudo é de viabilizar a aplicação do LE na área de agricultura, avaliando o seu valor nutricional, e calculando a dosagem necessária desse biossólido para os principais tipos de cultura existente no município de Igaci.

## 2. Metodologia

### Cálculo de adubação

O biossólido utilizado no trabalho foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Igaci, que teve o seu projeto de execução finalizado em 2018 (AL1, 2018). O esgoto tratado da ETE é derivado das áreas urbanas domiciliares e comerciais, e foi disponibilizado pela prefeitura.

Para caracterização do biossólido, foram feitas duas coletas, a primeira em dezembro de 2020 e a segunda em junho de 2021, ambas foram levadas para laboratório particular em Maceió, que realizou parâmetros de Nitrogênio Total, Fósforo, Potássio, Umidade, Matéria Orgânica Total, Cobre, Ferro, Manganês, Zinco, Cálcio e Magnésio.

Para a obtenção do cálculo de dosagem do biossólido, inicialmente foram pesquisadas as principais culturas do município, através dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007, IBGE, 2017, e IBGE, 2019). Em seguida foi realizado o cálculo de adubação utilizando como referências dois manuais de adubação de cultura: IPA (2008) e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004).

O parâmetro utilizado para realizar o cálculo de dosagem, foi a % de Nitrogênio, baseando-se no teor recomendado por cada cultura e no teor disponível no LE da ETE municipal de Igaci, como consta na fórmula abaixo:

$$TLH = \frac{N_{recomendado} (kg/ha)}{N_{disponível} (kg/t)}$$

Nrecomendado (kg/ha): Nitrogênio recomendado para cultura.

Ndisponível (kg/t): Nitrogênio disponível no lodo.

Atualmente no município de Igaci, as lavouras agrícolas permanentes que predominam são as plantações de banana, castanha de caju, coco-da-baía, laranja e manga (IBGE, 2019). Já nas lavouras temporárias, são encontrados milho, fava, feijão, fumo e mandioca (IBGE, 2019), sendo essa última impedida de ser adubada com o biossólido (Brasil, 2006).

Dessa maneira, para que a aplicação do LE seja adequada na agricultura, foram comparados os resultados com os apontados na resolução nº 375/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (Brasil, 2006), que regulamenta e define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

Entretanto, as análises de agentes patogênicos (Coliformes Termotolerantes, ovos de helmintos, *Salmonella* e vírus) e de substâncias inorgânicas (Arsênio, Bário, Cádmiio, chumbo, Cromio, Mercúrio, Molibdênio, Níquel e Selênio), destacadas na CONAMA 375, não foram realizadas.

O conhecimento dos nutrientes extraídos do solo para as diferentes culturas é importante para um bom manejo e adubação, entretanto, também não fez parte do escopo da presente dissertação.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Caracterização do município de Igaci

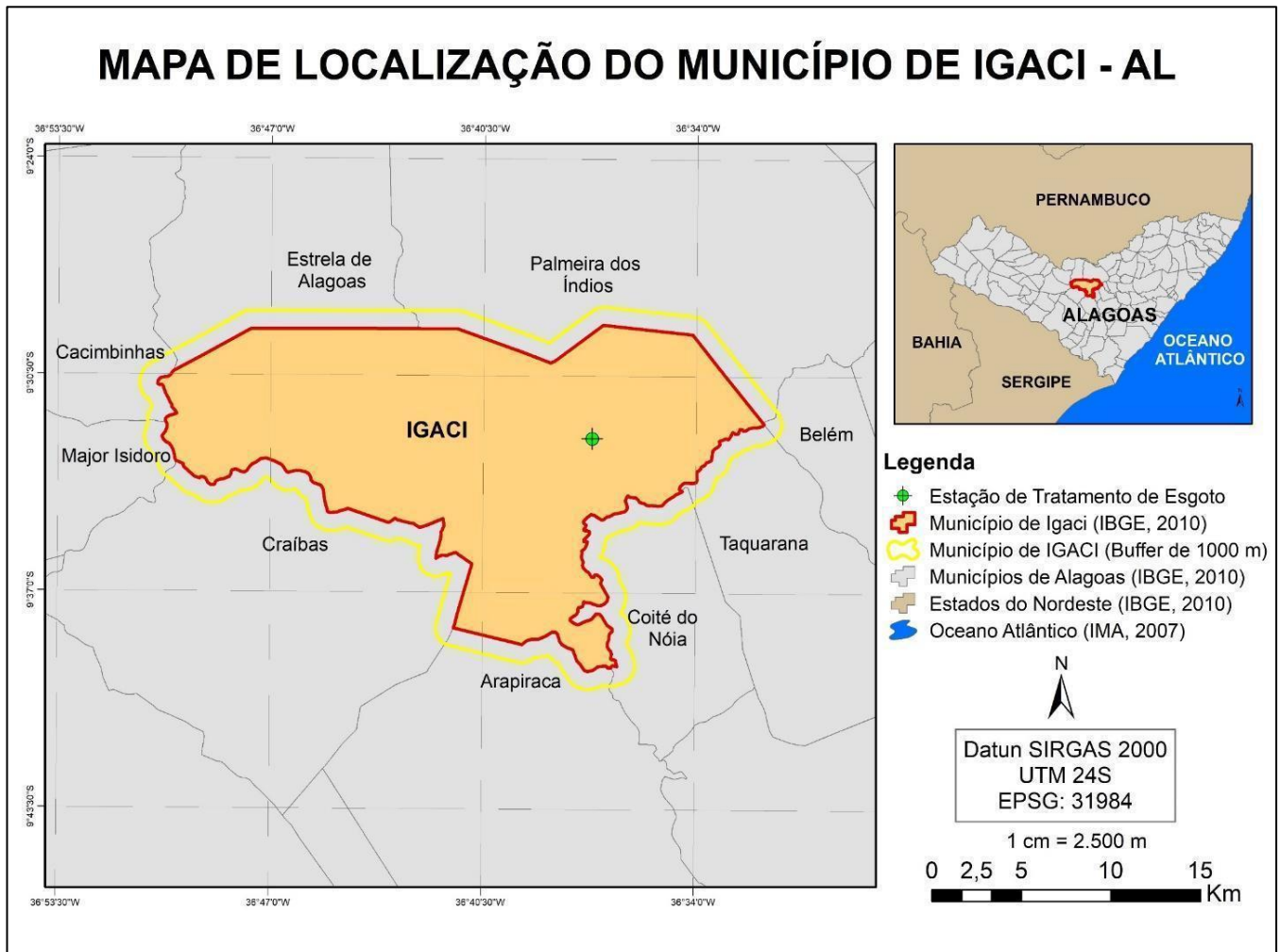
O município de Igaci está localizado na região central do Estado de Alagoas, e de acordo com o IBGE (2021) ocupando uma área de aproximadamente 334 km<sup>2</sup> (1,20 % de AL). Limita-se ao norte com os municípios de Palmeira dos Índios e Estrela de Alagoas, ao sul com Arapiraca e Craíbas, ao leste com Coité do Nóia e Taquarana e ao oeste com Cacimbinhas, Major Isidoro e Craíbas (CPRM, 2005) (Figura 1).

A ETE de Igaci é do tipo lodo ativado. Esse sistema possui basicamente um tanque de aeração, em que ocorrem as reações bioquímicas de remoção da matéria orgânica, um decantador secundário, utilizado para sedimentar os sólidos e permitir a saída do líquido clarificado, e um sistema de recirculação, que retira os sólidos sedimentados do decantador e os encaminha novamente para o tanque de aeração.

Nos sistemas de lodos ativados, “sistema aeróbio”, a geração do volume de lodo é maior do que qualquer outro sistema comum de tratamento de esgoto doméstico (aeróbio ou anaeróbio), sendo esta característica considerada como uma desvantagem (Chernicharo, 2007, p 25, Von Sperling, 1997, p. 22, Von Sperling, 2005, p. 340-346).

De acordo com os dados do IBGE (2017), a população atual estimada do município de Igaci é de 25.188 habitantes. Essa quantidade de habitantes, de acordo com os cálculos mostrados em Andreoli *et al.* (2001, p. 37-39), pode fornecer uma massa total de lodo para disposição final de 3,7 toneladas por dia (ton/dia), resultando em aproximadamente 112,5 ton/mês e 1350,5 ton/ano.

Figura 1: Mapa de localização do município de Igaci.



Fonte: Autores.

## 3.2 Caracterização da ETE de Igaci

### 3.2.1 Tratamento preliminar

O pré tratamento ou tratamento preliminar, é uma etapa que deve estar a montante do processo de tratamento de esgoto. É nela que se remove todo o material indevido que venha a entrar nas redes de esgoto, sejam eles inseridos dentro da residência (sanitários, pias e ralos) ou direto nas redes (boca de visita), assim como remover partículas de maior peso específico, como areia, argila, silte etc. (Pereira e Silva, 2018). Esses materiais podem reduzir a eficiência de tratamento, obstruir e desgastar bombas e tubulações e por essa razão devem ser retidos antes da ETE.

O tratamento preliminar de Igaci é constituído por uma grade (Figura 2), responsável em reter os materiais mais grosseiros, como papéis, plásticos, pedras, bitucas de cigarro, cabelos, fios dentais, copos, embrulhos plásticos, fraldas, tecidos, sacolas plásticas, preservativos, restos de comida, madeiras, vidros, metais, etc.

Para reter as partículas menores como as areias, o sistema contém um desarenador (Figura 3), construído em duas células, isoladas por comportas, que podem ser abertas e fechadas priorizando fluxos e garantindo o isolamento para remoção das partículas armazenadas, como solicitado pela NBR 12209 de 2011.

Por fim, o efluente passa por uma calha parshall (Figura 4), responsável por medir a vazão do sistema, e em seguida é direcionada para uma Estação Elevatória de Esgoto Bruto (EEEB) de poço seco, em que bombas succionam o esgoto do poço, trazendo-o para a casa de bombas e assim recalcan-do-o para o Tanque de Aeração (Tsutiya, 2011).

**Figura 2:** Gradeamento.



**Figura 3:** Desarenador.



**Figura 4:** Calha Parshall.



Fonte: Autores.

### 3.2.2 Tratamento do esgoto

O sistema de tratamento de Igaci, é do tipo Lodos Ativados, e consiste em um tanque de aeração (Figura 5), um decantador secundário (Figura 6), e uma bomba de recirculação do lodo (decantador para o tanque de aeração).

Von Sperling (2016), informa que a massa microbiana envolvida nos processos aeróbios é constituída basicamente por bactérias e protozoários, mas que fungos e rotíferas podem ser encontrados, mas a sua importância é menor na degradação do efluente.

A degradação da matéria orgânica e dos nutrientes ocorre no tanque de aeração, graças a alta concentração de bactérias aeróbias e formação de flocos microbianos, mantidos em suspensão e recebendo oxigênio (D'avignon, 2002).

O decantador secundário, ou sedimentador, se encontra a jusante do aerador, e possui como finalidade sedimentar o lodo e fazer com que o efluente saia clarificado, graças ao adensamento dos flocos microbianos (Sant'Anna Junior, 2010). Bactérias ainda ativas para assimilar a matéria orgânica estão presentes no lodo decantado, e dessa forma há uma recirculação, dele para o tanque de aeração, para aumentar a capacidade de biomassa no tanque de aeração (Von Sperling, 2012).

**Figura 5:** Tanque de Aeração.



**Figura 6:** Decantador secundário.



Fonte: Autores.

### 3.2.3 Pós Tratamento do Efluente

O pós-tratamento é a etapa essencial para inativar seletivamente espécies de organismos presentes no esgoto sanitário, em especial aquelas que ameaçam a saúde humana, ou seja, os organismos patogênicos (Gonçalves, 2003).

A desinfecção do efluente em Igaci é por cloração (hipoclorito de sódio). Uma bomba dosadora injeta o cloro líquido no efluente, e ele passa por várias chicanas verticais, que facilitam a mistura do cloro (Figura 7 e Figura 8).

O princípio de atuação do cloro no pós-tratamento é o de inativação dos organismos, produzindo efeitos letais nas células microbiológicas e próximo delas, conseguindo atingir o DNA (Nuvolari, 2011).

**Figura 7:** Entrada do tanque de cloração.



**Figura 8:** Saída do tanque de cloro (centro).



Fonte: Autores.

### 3.2.4 Pós Tratamento do Lodo

Na ETE de Igaci, existem descargas de fundo para remoção do lodo nos tanques de aeração e decantação. O lodo é conduzido para uma calha e assim para os Leitos de Secagem (Figura 9 à Figura 12). São quatro Leitos na área da ETE, que podem operar em fases diferentes: lodo seco por semanas, enquanto outro Leito acaba de receber o LE.

**Figura 9:** Leitos de Secagem.



**Figura 10:** Leitos de Secagem.



**Figura 11:** Leitos de Secagem.



**Figura 12:** Leitos de Secagem.



Fonte: Autores.

### 3.3 Cálculo de adubação

#### 3.3.1 Características do lodo

A reciclagem agrícola, possui um grande valor econômico, já que o LE é rico em matéria orgânica e nutrientes para as plantas, trazendo benefícios a agricultura de forma ambientalmente adequada, desde que sejam conhecidas a composição química e biológica do material (Abreu, 2014).

Foi coletado o Lodo de Esgoto seco no Leito de Secagem em dois momentos distintos. Um no verão, no dia 02/12/2020 (Figura 13 à Figura 15), e o outro no inverno, no dia 29/06/2021 (Figura 16 à Figura 18). O LE foi inserido em um balde para ser misturado, e por fim foi armazenado em sacos plástico e transportado para um laboratório em Maceió (capital alagoana) que realizou as suas análises como pode ser visto no Quadro 1.



**Figura 13:** Leito de Secagem.



**Figura 14:** LE no Leito de Secagem.



**Figura 15:** Primeira amostra do LE.



**Figura 16:** Leito de Secagem.



**Figura 17:** LE no Leito de Secagem.



**Figura 18:** Segunda amostra de LE.



Fonte: Autores.

**Quadro 1:** Resultado das análises do LE.

PARÂMETROS	RESULTADO DAS AMOSTRAS	
	Dez. 2020	Jun. 2021
Nitrogênio Total (%)	2,49	2
Fósforo - P205 (%)	1,07	0,79
Potássio - K2O (%)	0,27	0,12
Umidade 100°C (%)	21,50	48,40
Matéria Orgânica Total (%)	26,80	33,20
Relação C/N	10,76	16,60
Cobre (mg/kg)	183	104
Ferro (mg/kg)	24.600	9.310
Manganês (mg/kg)	275	143
Zinco (mg/kg)	545	233
Cálcio (mg/kg)	1.815	328
Magnésio (mg/kg)	5.950	2.436

Fonte: Autores.

O lodo de esgoto é um material rico em matéria orgânica, com alto teor de umidade e concentração representativa de nitrogênio e outros minerais como fósforo e potássio que despertam o interesse agrônomo. A fração orgânica do solo, embora ocorra em proporções relativamente pequenas (2 a 5% da fração sólida dos solos) na maioria dos solos, assume papel qualitativo. Importante nas propriedades físicas dos mesmos, agindo como condicionador do solo, exercendo forte influência na porosidade, retenção de água, densidade e nas propriedades químicas, sendo também a principal fonte de energia para os micro-organismos do solo (Lima, 2019). De maneira geral a matéria orgânica se destaca como boa fonte de fósforo (P) e enxofre (S) e, excelente fonte de nitrogênio (N) para os vegetais que não possuem a capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico.

De acordo com o Quadro 1 o macronutriente encontrado em maior quantidade no lodo de esgoto pesquisado foi o nitrogênio, elemento o qual é o de maior valor econômico no lodo de esgoto uma vez que tem grande exigência pelas plantas. Outros macronutrientes como potássio, fósforo, cálcio e magnésio também foram encontrados em menor quantidade no lodo. As concentrações de micronutrientes são variáveis, mas se observa presença de cobre, zinco. A Resolução CONAMA 375 de 2006, assim como a Norma Técnica P4.230 (CETESB, 1999), estabelece valores máximos para as substâncias inorgânicas. Dos parâmetros analisados, apenas o Cobre e Zinco são listados, permitindo valores máximos de 1500 mg/kg e 2800 mg/kg respectivamente. Percebemos que os valores obtidos pelo LE, nas suas duas análises, permanecem inferiores ao exigido pela resolução.

Quando o lodo é aplicado como única fonte de nitrogênio, na maioria das vezes as doses de micronutrientes disponibilizadas são suficientes para suprir as necessidades das plantas. Como a concentração de alguns nutrientes no biossólido é baixa, há necessidade de complementação com outras fontes de fertilizantes, principalmente para o caso do fósforo (grande exigência pelas plantas e baixa concentração na maioria dos solos brasileiros), e do potássio (baixa concentração no biossólido). A dosagem a ser utilizada será em função do resultado da análise do solo e das exigências nutricionais da cultura a ser implantada.

### 3.3.2 Cálculo de adubação

Para realizar o presente cálculo, inicialmente buscou as principais culturas utilizadas no município. De acordo com os dados do IBGE (2019) para a lavoura temporária, destacou-se as plantações de feijão, com uma área plantada de 160 ha e uma

produção de 36 t; as plantações de fumo, com uma área plantada de 500 ha e uma produção de 725 t; e as plantações de milho, com uma área plantada de 2.100 ha e uma produção de 450 t.

Já quando foram analisadas a produção nas lavouras permanentes, destacaram as de castanha de caju, com uma área destinada à colheita de 100 ha e quantidade produzida de 63 t; e as de manga, com uma área destinada à colheita de 30 ha e quantidade produzida de 210 t (IBGE, 2019).

Também foi levado em consideração a produção de algodão, que teve uma área plantada de 1.000 ha e quantidade produzida de 120 t (IBGE, 2007).

O cálculo foi realizado através de acordo com Lima (2019), que menciona a dosagem de adubo em relação a % de N necessária para cada tipo de cultura:

$$\begin{array}{l} \text{Dosagem de adubo (kg)} \quad \text{-----} \quad \% \text{ N no adubo} \\ 100 \text{ kg de adubo} \quad \text{-----} \quad \% \text{ N recomendada na cultura} \end{array}$$

Os valores recomendados para cada cultura, foram retirados dos manuais de adubação IPA (2008) e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004).

A partir da coleta desses dados, foi possível realizar o cálculo de adubação do lodo de esgoto, e feito um comparativo com a adubação de outros esterco de animais, em que o teor de Nitrogênio foi retirado da apostila de adubação orgânica da EMBRAPA. Através da análise do Quadro 2, pode ser observado que o LE precisou de uma dosagem maior apenas quando comparado com o esterco de aves.

**Quadro 2:** Cálculo de adubação para as principais culturas de Igaci.

CULTURA	VALOR N % recomendado	Quantidade de Lodo - Amostra 1 (kg/ha)	Quantidade de Lodo - Amostra 1 (kg/ha)	Quantidade de Esterco bovinos (kg/ha)	Quantidade de Esterco equínos (kg/ha)	Quantidade de Esterco suínos (kg/ha)	Quantidade de Esterco de Ovinos (kg/ha)	Quantidade de Esterco de Aves (kg/ha)	Quantidade de Composto Orgânico (kg/ha)
Feijão de Corda	20*	803,21	1000,00	1176,47	1428,57	1052,63	1428,57	666,67	1428,57
Milho Forrageiro	20*	803,21	1000,00	1176,47	1428,57	1052,63	1428,57	666,67	1428,57
Milho	30*	1204,82	1500,00	1764,71	2142,86	1578,95	2142,86	1000,00	2142,86
Milho Verde ou para Forragem	20*	803,21	1000,00	1176,47	1428,57	1052,63	1428,57	666,67	1428,57
Abóbora Irrigado	30*	1204,82	1500,00	1764,71	2142,86	1578,95	2142,86	1000,00	2142,86
Fumo	120	4819,28	6000,00	7058,82	8571,43	6315,79	8571,43	4000,00	8571,43
Feijão de Arranca	40**	1606,43	2000,00	2352,94	2857,14	2105,26	2857,14	1333,33	2857,14
Algodão	30**	1204,82	1500,00	1764,71	2142,86	1578,95	2142,86	1000,00	2142,86
Cajueiro Anão	60***	2409,64	3000,00	3529,41	4285,71	3157,89	4285,71	2000,00	4285,71
Manga	100***	4016,06	5000,00	5882,35	7142,86	5263,16	7142,86	3333,33	7142,86
Banana	90***	3614,46	4500,00	5294,12	6428,57	4736,84	6428,57	3000,00	6428,57

Fonte: Autores.

\* No plantio

\*\* Na cobertura

\*\*\* No crescimento

### 3.3.3 Comparação com outros adubos orgânicos

O trabalho de Nobrega, Pontes e Santiago (2017) informa que a aplicação de resíduos na agricultura é uma prática comum, sendo eles geralmente esterco, bagaços de cana etc. Os quadros abaixo foram retiradas do site da EMBRAPA, e mostram teores de Matéria Orgânica, Nitrogênio, Fósforo, e Potássio, para os estercos de animais (Quadro 3), adubos verdes (Quadro 4) e de resíduos industriais (Quadro 5).

De acordo com o Quadro 3, levando em consideração o valor de nitrogênio encontrado no biossólido, podemos observar que superou boa parte dos estercos de animais ficando abaixo apenas do esterco de ave.

**Quadro 3:** Caracterização dos estercos de animais.

COMPOSIÇÃO DE ESTERCOS ANIMAIS (BASE MATÉRIA SECA )					
ADUBO	Mat. Org. %	N %	P2O5 %	K2O %	RELAÇÃO C/N
Esterco de bovinos	57	1,7	0,9	1,4	32/1
Esterco de equinos	46	1,4	0,5	1,7	18/1
Esterco de suínos	53	1,9	0,7	0,4	16/1
Esterco de ovinos	65	1,4	1	2	32/1
Esterco de aves	50	3	3	0,8	11/1
Composto orgânico	31	1,4	1,4	1	-

Fonte: Adaptado de EMBRAPA.

O biossólido também mostrou superioridade com relação ao %N em boa parte dos adubos verdes comparados ao Quadro 4.

**Quadro 4:** Caracterização de adubos verdes.

COMPOSIÇÃO DE ALGUNS ADUBOS VERDES (BASE SECO)					
MATERIAL	Mat. Org. %	N %	P2O5 %	K2O %	RELAÇÃO C/N
Abacaxi: fibras	71,4	0,9	traços	0,5	44/1
Algodão: semente	95,6	4,6	1,4	2,4	12/1
Amoreira: folhas	86,1	3,8	1,1	-	13/1
Arroz: cascas	54,5	0,8	0,6	0,5	39/1
Arroz: palhas	54,3	0,8	0,6	0,4	39/1
Aveia: cascas	85	0,7	0,1	0,5	63/1
Aveia: palhas	85	0,7	0,3	1,9	72/1
Banana: talos de Cachos	85,3	0,8	0,1	7,4	61/1
Banana: folhas	89	2,6	0,2	-	16/1
Cacau: películas	91,1	3,2	1,4	3,7	16/1
Cacau: cascas do fruto	88,7	1,3	0,4	2,5	38/1
Café: cascas	82,2	0,9	0,2	2,1	53/1
Café: palhas	93,1	1,4	0,3	2	38/1
Café: semente	92,8	3,3	0,4	1,7	16/1

Capim gordura	92,4	0,6	0,2	-	81/1
Capim guiné	88,7	1,5	0,3	-	33/1
Capim jaraguá	90,5	0,8	0,3	-	64/1
Capim limão cidreira	91,5	0,8	0,3	-	62/1
Capim milhã roxo	91,6	1,4	0,3	-	36/1
Capim mimoso	93,7	0,7	0,3	-	79/1
Capim pé de galinha	87	1,2	0,3	-	41/1
Capim-de-Rhodes	89,5	1,4	0,6	-	37/1
Cassia alata: ramos	93,6	3,5	1,1	2,8	15/1
Cassia negra: cascas	96,2	1,4	0,1	traços	38/1
Centeio: cascas	85	0,7	0,7	0,6	69/1
Centeio: palhas	85	0,5	0,3	1	100/1
Cevada: cascas	85	0,6	0,3	1,1	84/1
Cevada: palhas	85	0,7	0,2	1,3	63/1
Crotalária jóncea	91,4	1,9	0,4	1,8	26/1
Eucalipto: resíduos	77,6	2,8	0,3	1,5	15/1
Feijão de porco	88,5	2,5	0,5	2,4	19/1
Feijão guandu	95,9	1,8	0,6	1,1	29/1
Feijão guandu: sementes	96,7	3,6	0,8	1,9	15/1
Feijoeiro: palhas	94,7	1,6	0,3	1,9	32/1
Gramma batatais	90,8	1,4	0,4	-	36/1
Gramma seda	90,5	1,6	0,7	-	31/1
Inga: folhas	90,7	2,1	0,2	0,3	24/1
Labe-labe	88,5	4,6	2,1	-	11/1
Lenheiro: resíduos	39,9	0,7	0,6	0,4	30/1
Mamona: cápsulas	94,6	1,2	0,3	1,8	53/1
Mandioca: cascas de raízes	58,9	0,3	0,3	0,4	96/1
Mandioca: folhas	91,6	4,3	0,7	-	12/1
Mandioca: ramos	95,3	1,3	0,3	-	40/1
Milho: palhas	96,7	0,5	0,4	1,6	112/1
Milho: sabugos	45,2	0,5	0,2	0,9	101/1
Mucuna preta	90,7	2,2	0,6	3	221
Mucuna preta: sementes	95,3	3,9	1	1,4	14/1
Samambaia	95,9	0,5	traços	0,2	109/1
Serrapilheira	30,7	1	0,1	0,2	17/1
Serragem de madeira	93,4	0,1	traços	traços	865/1
Trigo: cascas	85	0,8	0,5	1	56/1
Trigo: palhas	92,4	0,7	0,1	1,3	70/1
Tungue: cascas das sementes	85,2	0,7	0,2	7,4	64/1

Fonte: Adaptado de EMBRAPA.

Quanto aos resíduos industriais apresentados no Quadro 5, o biossólido analisado pode funcionar como uma complementação no momento que for utilizado como adubo de acordo com os valores necessários para o desenvolvimento de determinada cultura ou mesmo ser adicionado em combinação com estes resíduos no processo de compostagem orgânica potencializando assim seu uso.

**Quadro 5:** Caracterização de resíduos industriais.

COMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS (BASE SECO)					
MATERIAL	Mat. Org. %	N %	P2O5 %	K2O %	RELAÇÃO C/N
Algodão: resíduo de máquina	96,3	1,9	1	1,7	27/1
Algodão: resíduo "pioelho"	81,8	2,2	0,9	2,1	21/1
Algodão: resíduo de sementes	96,1	1	0,2	0,8	50/1
Bicho-da-seda: crisálidas	91,1	9,4	1,4	0,7	5,1
Bicho-da-seda: dejeções	82,1	2,7	0,6	3,6	17/1
Café: bora de café solúvel	90,4	2,3	0,4	1,2	22/1
Cajú: cascas da castanha	98	0,7	0,2	0,9	37/1
Cana-de-açúcar: bagaço	71,4	1	0,2	0,9	37/1
Cana: bagacinho	87,1	1	0,1	0,1	44/1
Cana bagacinho embebido	89,9	1,7	0,3	1,7	29/1
Cana: borra de restilo	78,8	3	0,5	1	14/1
Cevada: bagaço	95	5,1	1,3	0,1	10/1
Couro: em pó	92	8,7	0,2	0,4	5/1
Fumo: resíduo	70,9	2,1	0,5	2,7	18/1
Laranja: bagaço	22,5	0,7	0,1	0,4	18/1
Lúpulo: bagaço	47,8	1,6	1,3	0,8	16/1
Mandioca: raspas	96	0,5	0,2	1,2	107/1
Penas de galinha	88,2	13,5	0,5	0,3	4/1
Rami: resíduo	60,6	3,2	3,6	4	11/1
Resíduo de cervejaria	95,8	4,4	0,5	0,1	12/1
Sangue seco	84,9	11,8	1,2	0,7	4/1
Tomate: semente (torta)	94,3	5,3	2	2,3	10/1
Torta de algodão	92,4	5,6	2,1	1,3	9/1
Torta de coco	94,5	4,3	2,4	3,1	11/1
Torta de mamona	92,2	5,4	1,9	1,5	10/1
Torta de soja	78,4	6,5	0,5	1,5	7/1
Torta de usina de cana	78,7	2,1	2,3	1,2	20/1
Turfa	38,8	0,3	-	0,3	57/1

Fonte: Adaptado de EMBRAPA.

#### 4. Considerações Finais

O estudo mostrou que a aplicação do lodo na agricultura, além de poder ser considerado um descarte ambientalmente adequado do rejeito sólido da ETE, agrega valor econômico positivo para as atividades agrícolas, pois pode ser utilizado como adubo pelos pequenos e grandes agricultores, favorecendo um bom crescimento e desenvolvimento das culturas locais do município de Igaci.

Foi possível analisar a composição do LE, em dois momentos (inverno e verão), e os resultados foram satisfatórios, mostrando uma riqueza do biossólido em Nitrogênio, obtendo os resultados de 2,49 e 2 (% de Nitrogênio Total). Quando comparado com esterco de animais e adubos verdes, apresentou em sua grande maioria uma necessidade de menor dosagem para a adubação das principais culturas utilizadas no município.

Com os resultados da TLH, foi possível criar um banco de dados que permite que o agricultor saiba a dosagem de lodo a ser aplicada nas principais culturas do município de Igaci, sendo elas: abóbora, algodão, banana, caju, feijão, fumo, manga e milho.

O estudo mostra a possibilidade do Município de Igaci realizar uma inovação no modelo de negócio da sua Estação de Tratamento de Esgoto, em que o lodo de esgoto, que é um rejeito destinado para aterro sanitário, poderá se tornar um produto (adubo/biossólido) para utilização na agricultura. Facilitando a gestão do biossólido na geração de alimentos mais saudáveis em razão do biossólido ter uma natureza orgânica natural livre de pesticidas químicos (Rolim e Coêlho, 2016).

Entretanto, para assegurar uma boa qualidade no adubo e dos alimentos, do bem-estar socioeconômico e da saúde da população, e a preservação do meio ambiente, é necessário um acompanhamento de engenharia com mão de obra qualificada, podendo ela ser terceirizada pelo governo ou inserida na secretaria de meio ambiente do município. Esse acompanhamento seria responsável pela qualidade físico-química e bacteriológica do biossólido, viabilidade das melhores técnicas e tecnologias de sua utilização, e boa gestão do lodo a favor da recuperação dos solos e otimização da agricultura.

O presente trabalho poderá servir de incentivo para o crescimento de pesquisas científicas na região, em diversas temáticas: como a eficiência de determinadas culturas após a aplicação deste biossólido (produção, crescimento, folhagem, caule,); maior resistência das plantas a situações ambientais adversas e ataques de pragas e doenças, em consequência ao seu aumento nutricional; a melhoria das condições do solo; o monitoramento de passivos ambientais (efeito platô); aprimoramento do biossólido agrícola através de tecnologias de tratamento, analisando as etapas de adensamento, estabilização, condicionamento, desidratação e higienização; seleção das áreas aptas do município, garantindo a segurança socio ambiental para receberem o lodo de esgoto com finalidade agrícola; e a otimização do presente produto, após experiências práticas.

#### Referências

- Abreu, A. H. M. (2014). *Biossólido na produção de mudas florestais da Mata Atlântica*. Dissertação (mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. p. 79.
- Abreu, A. H. M. et al. (2019). Caracterização de biossólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia Raddi*. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24 (3), 591-599. ISSN 1809-4457. doi:10.1590/S1413-41522019108265.
- AL1 (2018). Sistema de Esgotamento Sanitário inaugurado é o maior investimento público da história em Igaci. Notícias. [https://al1.com.br/informacao/noticias/16915/Portal\\_AL1](https://al1.com.br/informacao/noticias/16915/Portal_AL1).
- Alamino, R. C. J. (2010). A utilização de lodo de esgoto como alternativa sustentável na recuperação de solos degradados: Viabilidade, avaliação e biodisponibilidade de metais. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro. p. 221.
- Andreoli, C. V., Von Sperling, M., & Fernandes, F. (2001). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 6. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR. p. 484.
- Bittencourt, S., Aisse, M. M., & Serrat, B. M. (2017). Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22 (6).



- Bittencourt, S., Serrat, B. M., & Aisse, M. M. (2017). Parâmetros agronômicos e inorgânicos de lodo de esgoto: estudo de caso da Região Metropolitana de Curitiba (PR). *Revista DAE*, 65 (207), 50-61. doi:10.4322/dae.2016.034
- Brasil. (2010). Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Brasil (2019). Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2017. Brasília, SNS/MDR. p. 226.
- Brasil. (2006). Resolução CONAMA 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.
- Brasil. (2012). Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
- Bonini, C. S. B., et al (2015). Sewage sludge and mineral fertilization on recovery of chemical properties of a degraded soil/ Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19 (4), 388. [link.gale.com/apps/doc/A442116959/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=d9286cc4](http://link.gale.com/apps/doc/A442116959/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=d9286cc4).
- Campos, F. da S. de., Alves, Marlene Cristina (2008). Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, 32 (4), 1389-1397. doi:10.1590/S0100-06832008000400003.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (1999). Aplicação de lodos de sistema de tratamento biológico em áreas agrícolas – Critério para projeto e operação. Manual Técnico – P4..230. São Paulo. p. 32.
- Chernicharo, C. A. L. de. (2007). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 5, 379.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil (2005). Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Igaci, estado de Alagoas. Organizado por João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior. Recife: CPRM/PRODEEM. p. 12 + anexos. [https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15264/1/re\\_l\\_cadastros\\_igaci.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15264/1/re_l_cadastros_igaci.pdf).
- D'avignon, A., et al. (2002). *Manual de auditoria ambiental para estações de tratamento de esgoto doméstico*. Emílio Lèbre La Rovere (Coordenador) - Rio de Janeiro: *Qualitymark Ed.*. p. 151.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Apostila de Adubação Orgânica 03. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Adubacao\\_organica\\_todos\\_os\\_residuosID-zK5Pfrf3wp.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Adubacao_organica_todos_os_residuosID-zK5Pfrf3wp.pdf).
- Gonçalves, R. F. (2003). Desinfecção de efluentes sanitários, remoção de organismos patogênicos e substâncias nocivas: aplicações para fins produtivos como agricultura, aquicultura e hidroponia. Rio de Janeiro: ABES, Rima. p. 438
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). Área territorial brasileira 2020. Rio de Janeiro: IBGE. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/igaci.html>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). Censo Agropecuário de 2017. Lavoura Permanente e Lavoura Temporária. Igaci, AL: IBGE. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/igaci/pesquisa/24/76693>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama. População. <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/al/igaci/panorama>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). Produção Agrícola - Cereais, Leguminosas e Oleaginosas de 2007. Igaci, AL: IBGE. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/igaci/pesquisa/31/29644>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). Produção Agrícola - Lavoura Permanente de 2019. Igaci, AL: IBGE. Acesso em 24 de março de 2021. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/igaci/pesquisa/15/11863>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). Produção Agrícola - Lavoura Temporária de 2019. Igaci, AL: IBGE. Acesso em 24 de março de 2021. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/igaci/pesquisa/14/10193>.
- IMA - Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas. Download de dados vetoriais.. <http://www.ima.al.gov.br/servicos/downloads/download-de-dados-vetoriais/>.
- IPA - Instituto Agronômico de Pernambuco. (2008). Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação. Comissão Estadual de Fertilidade do Solo. Recife. p. 199.
- Lima, A. S. T. (2019). Apostila: Fundamentos da Ciência do Solo, Campus Maragogi.
- Luduvic, M., & Fernandes, F. (2001). Principais tipos de transformação e descarte do lodo. In: C. V. ANDREOLI; M. VON SPERLING & F. FERNANDES (Ed.). *Lodo de esgotos: Tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 6, 399-423.
- Martins, S. F. (2016). *Análise econômica da produção de lodo de esgoto compostado para uso na agricultura*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.
- Miranda, L. P. M. de., et al. (2011). Custo de implantação de *Astronium fraxinifolium schott* em área degradada com uso de fertilizante verde e lodo de esgoto. *Pesqui. Agropecu. Trop.*, Goiânia, v. 41 (4), 475-480. Acesso em 20 de maio de 2021. doi:10.5216/pat.v41i4.10053.
- NBR 12209. (2011). Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT.

- Nobrega, M. A. S., Pontes, M. S., & Santiago, E. F. (2017). Incorporação do Lodo de Esgoto na composição de substrato para reprodução de mudas nativas. *ACTA Biomedica Brasiliensia*, 8 (1). ISSN: 2236-0867. doi:10.18571/acbm.121.
- Nuvolari, A., & Martinelli, A. (2011). *Esgoto Sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*, 2. São Paulo: Edgar Blücher. p. 565. ISBN: 978-85-212-0568-5.
- PAC. (2001). 7º Balanço do PAC 2015-2018. Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura (SDI). <http://www.pac.gov.br/pub/up/relatorio/37855886e9418dce3f9baf3128444233.pdf>.
- Paraná. (2009). Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução Sema nº 021. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba.
- Pereira, J. A. R., & Silva, J. M. S. (2018). *Rede coletora de esgoto sanitário: projeto, construção e operação*, 3. Belém-PA. p. 310. ISBN: 978-85-88998-63-6.
- Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. (2001). *Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final. Aproveitamento do Lodo Gerado em Estações de Tratamento de Água e Esgotos Sanitários, inclusive com a Utilização de Técnicas Consorciadas com Resíduos Sólidos Urbanos*. Curitiba-PR. p. 257.
- Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. (1999). *Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura*. Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR. Paraná – Curitiba. p. 98.
- Rolim, S. M., & Coêlho, L. M. (2016). *Sistemas sustentáveis de esgotos: orientações técnicas para projeto e dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, tratamento e reuso na agricultura*. São Paulo: Blucher. p. 348. ISBN: 978-85-212-0961-4.
- Sampaio, A. (2013). Afinal, queremos ou não viabilizar o uso agrícola do lodo produzido em estações de esgoto sanitário? Uma avaliação crítica da Resolução CONAMA 375. *Revista DAE*, São Paulo, 193, 16-27. Acesso em: 14 de abril de 2014. doi:10.4322/dae.2014.109
- Sant'anna Junior, G. L. (2010). *Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações*. Rio de Janeiro: Editora Interciência. p. 418. ISBN: 978-85-7193-219-7.
- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. (2004). *Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Comissão de Química e Fertilidade do Solo, Porto Alegre, 10, 400.
- Tsutiya, M. T., & Sobrinho, P. A. (2011). *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 3, 548. ISBN: 85-7022-168-1.
- Urban, R. C., Isaac, R. L., & Morita, D. M. (2019). Uso benéfico de lodo de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto: estado da arte. *Revista DAE*, 67 (219), 128-158. doi:10.4322/dae.2019.050.
- Von Sperling, M. (2016). *Princípios básicos do tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2 (2), 211. ISBN: 978-85-423-0174-8.
- Von Sperling, M. (2012). *Princípios de tratamento de águas residuárias: Lodos Ativados*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, Belo Horizonte, 4 (3).
- Von Sperling, M. (2005). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1 (3), 452.
- Von Sperling, M. (1997). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lodos ativados*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA. Universidade Federal de Minas Gerais, 4, 428.