

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

**Manual para aplicação
de lodo de esgoto
como alternativa de
fertilização agrícola:
Mapeamento
e dosagem utilizando
geoprocessamento
no município de Igaci - AL**

Thomás Correia Lins



**INSTITUTO
FEDERAL**
Alagoas



TECNOLOGIAS
Ambientais



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

PRODUTO:

**MANUAL PARA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO COMO ALTERNATIVA DE
FERTILIZAÇÃO AGRÍCOLA: MAPEAMENTO E DOSAGEM UTILIZANDO
GEOPROCESSAMENTO NO MUNICÍPIO DE IGACI - AL**

Thomás Correia Lins
André Sueldo Tavares de Lima
Michely Inêz P. de C. Libos

Marechal Deodoro – AL

2021

Thomás Correia Lins

Lodo gerado em Estação de Tratamento de Esgoto como alternativa de fertilização agrícola: mapeamento e dosagem utilizando geoprocessamento no município de Igaci - AL

Produto técnico originado da dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – PPGTEC / IFAL (Modalidade Mestrado Profissional).

Linha de Pesquisa: Manejo e Monitoramento Ambiental

Marechal Deodoro – AL

novembro de 2021



**Dados Internacionais de Catalogação na
Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Marechal Deodoro
Biblioteca Dorival Apratto**

L759m

Lins, Thomás Correia.

Manual para aplicação de lodo de esgoto como alternativa de fertilização agrícola : mapeamento e dosagem utilizando geoprocessamento no município de Igaci - AL / Thomás Correia Lins, André Suêlto Tavares de Lima, Michely Inês Prado de Camargo Libos. – 2021.

22 f. : il., col.

1 CD-ROM ; 4 ¾ pol. ; caixa acrílica (12,5 cm x 14 cm).

Inclui bibliografia e anexos.

Produto educacional (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, Marechal Deodoro, 2021.

1. Adubação. 2. Agricultura sustentável. 3. Biossólido. 4. Gerenciamento de lodo. 5. Reciclagem. 6. Resíduos de saneamento. I. Título. II. Lima, André Suêlto Tavares de. . III. Libos, Michely Inês Prado de Camargo .

CDD: 630

RESUMO

No Brasil, o lodo de esgoto geralmente é encaminhado para o aterro sanitário, o que compromete o tempo de vida útil dos aterros, já que um volume de lodo está sendo inserido no 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). Os procedimentos metodológicos foram divididos em três etapas, em que, na primeira, através do Sistema de Informações Geográficas (SIG), foram construídos mapas que mostram as áreas do município que podem ser aplicadas o lodo de esgoto com fins agrícolas. A segunda etapa buscou calcular a dosagem de lodo necessária para as principais culturas do município. E por fim, na terceira etapa, será realizado um curso de capacitação dos colaboradores da prefeitura, para entender e conseguir desenvolver o produto tecnológico. Com isso, pretende-se realizar a reciclagem do lodo de esgoto do município de Igaci, analisando o tipo de procedimento que deverá ser utilizado para a aplicação do bio sólido no solo, os locais em que ele deve ser inserido, e a quantidade que deve ser aplicada nas principais culturas utilizadas nas áreas agrícolas do município. Esse estudo possibilitará 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: Adubação; Agricultura Sustentável; Bio sólido; Gerenciamento de Lodo; Lodo de Esgoto; Reciclagem; Resíduos de Saneamento; SIG.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi produzido a partir da dissertação elaborada durante o Mestrado em Tecnologias Ambientais: lodo gerado em Estação de Tratamento de Esgoto como alternativa de fertilização agrícola: mapeamento e dosagem utilizando geoprocessamento no município de Igaci - AL.

Teve como objetivo servir como instrumento de apoio a prefeitura do município de Igaci, solucionando os problemas advindos do lodo de esgoto (LE) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município, mediante a reciclagem agrícola deste rejeito. A partir disso, criou-se cartas geográficas mostrando áreas seguras para a aplicação do biossólido, o cálculo da dosagem de adubação para as principais culturas do município e a realização de um curso de capacitação para os colaboradores da prefeitura saberem gerir o software gratuito QGIS contendo as cartas geográficas.

O autor da dissertação, o mestrando Thomás Correia Lins, há quatro anos é Engenheiro Sanitarista e Ambiental, tendo o seu primeiro contato com a área de tratamento de esgotos no início do ano de 2012. Já trabalhou como operador, e como chefe operacional de estações de tratamento de esgoto; com projetos de licenciamento ambientais inclusive de sistemas de tratamento de efluentes e de um Plano Municipal de Saneamento Básico; com educação ambiental; como Responsável Técnico de uma ETE; e atualmente continua a exercer trabalhos na área do saneamento, em uma empresa privada de saneamento.

Thomás também trabalhou como auxiliar de engenharia durante parte da obra de execução da rede de esgotamento sanitário do Município de Igaci, e vendo os seguimentos da linha de pesquisa do Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais (PPGTEC) do IFAL (Campos Marechal Deodoro), se motivou a ter o seu primeiro contato com a área de resíduos sólidos, para solucionar um possível problema que o município viria a enfrentar: o destino adequado do LE, comumente um rejeito de ETES.

No Brasil ainda se discute a remoção de contaminantes básicos do efluente (DBO, cor, turbidez, sólidos suspensos e voláteis, etc.), tendo-se muito o que se otimizar nos processos de tratamento de esgoto, ou no que investir para a descontaminação de corpos hídricos com presença excessiva de nitrogênio, fármacos, metais pesados, dentre outras substâncias que não são removidas nas ETES mais simples.

Tratamentos específicos com o lodo de esgoto são ainda menos valorizados, entretanto, a compreensão do seu possível valor nutricional, pode gerar uma mudança cultural mais rápida, sendo esse um mercado promissor, desafiador e de grande impacto sócio ambiental e econômico.

2. O PRODUTO

O produto proposto possibilitará o município de Igaci (Alagoas), que já possui a sua própria estação de tratamento de esgoto (ETE), realizar uma inovação no modelo de negócio, em que o lodo de esgoto, rejeito da ETE, que é comumente destinado para aterros sanitários no Brasil, tornara-se um produto (adubo), para utilização na agricultura ou recuperação de solos degradados do próprio município.

Essa reciclagem é possível graças à riqueza em matéria orgânica do lodo de esgoto, que aumenta a resistência dos solos à erosão, além de também ser uma excelente fonte de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, trazendo benefícios às plantas, aumentando assim a produtividade, o valor nutricional do produto e a lucratividade na atividade agrícola (PROSAB, 2001).

A aplicação do lodo do esgoto no solo não isenta riscos ambientais. Para ser considerado um descarte ambientalmente adequado e agregar valor sócio econômico positivo, inicialmente foi utilizado o geoprocessamento como ferramenta de seleção das áreas do município que não devem receber o rejeito da ETE, através de uma série de variáveis baseada nos trabalhos de PROSAB (2001, p. 165-187), como: distância de recursos hídricos; áreas inundáveis; profundidade do lençol freático; distanciamento das áreas urbanas; declividade do terreno; e outros contextos institucionais (legislações).

Após finalizada esta primeira etapa, uma carta geográfica, georreferenciada, irá apontar todas as áreas do município que podem ou não receber esse rejeito da ETE municipal (**ANEXO I**). Os funcionários da prefeitura serão capacitados a utilizarem o software gratuito QGIS, que permitirá com que eles colem dados em campo (coordenadas geográficas ou shapfile da área agrícola a ser destinado o bio-sólido), e assim interpolar os dados no QGIS.

O trabalho também mostrará os resultados das análises do LE, mostrando o seu potencial para adubação a comparar com outros tipos de adubos orgânicos, como os esterco de animais, adubos verdes, e resíduos industriais.

Em seguida, foi realizado um levantamento através do IBGE (IBGE, 2007; IBGE, 2017; IBGE, 2019) selecionando as principais culturas da região, para serem calculadas as dosagens do biofósforo necessárias para elas, baseando-se em manuais de adubação IPA (2008) e SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (2004) (**ANEXO II**).

Dessa forma, Igaci poderá gerenciar de forma mais sustentável e dentro do seu próprio município, o lodo de esgoto gerado em sua estação de tratamento de esgoto, reciclando-o em biofósforo para ser utilizado como adubo na agricultura local.

3. RELEVÂNCIA SOCIAL E ECONÔMICA

O lodo de esgoto (LE), geralmente, tem como destino os aterros sanitários. No caso de Igaci, a Central de Resíduos Sólidos (CTR) mais próxima é localizada em Craíbas, município vizinho. Mesmo assim, os custos com essa destinação são consideráveis, a CTR cobra um valor de R\$ 85,00 a tonelada, e a produção diária do LE em Igaci pode chegar a 3,7 toneladas, gerando um custo mensal de quase R\$ 9.435,00 desconsiderando os demais custos de logística de destinação, como desgaste das estradas e veículos, salários, gasolina e funcionários.

A tendência é que as prefeituras comecem a gerenciar melhor o LE, e o presente produto facilita essa boa gestão, reciclando-o e contribuindo na recuperação de solos e otimização da agricultura. Além disso, o geoprocessamento como ferramenta de mapeamento das áreas aptas para a reciclagem do LE, viabiliza uma aplicação mais controlada e segura desse rejeito no solo.

Pensando na participação e aderência contínua do IFAL, o presente produto 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 biofósforo (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

platô¹); aprimoramento do bio sólido agrícola através de tecnologias de tratamento, analisando as etapas de adensamento, estabilização, condicionamento, desidratação e higienização; e a otimização do presente produto, após experiências práticas.

4. ADERÊNCIA

O produto se enquadra na Linha de pesquisa 1 do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (PPGTEC), que é o Manejo e Monitoramento Ambiental. Pois desenvolve, tecnologias apropriadas para o uso responsável dos recursos naturais, visando a recuperação e manejo de áreas de interesse agrícola.

São abordados no produto, o desenvolvimento de métodos voltados para o incremento da produção agropecuária, por meio da adoção de tecnologias apropriáveis ao pequeno produtor e à agricultura familiar.

O produto também atende um pouco a linha de pesquisa 2: Tecnologias e Inovações Ambientais, do Mestrado Profissional, pois viabiliza uma inovação que possa ser aplicada nos processos e serviços, representando soluções para problemas ambientais de interesse da sociedade. Compreende-se, de um estudo dos elementos relacionados à gestão da inovação tecnológica, por meio da aplicação de ferramentas de geotecnologia.

5. IMPACTO

No Brasil, o esgotamento sanitário nos municípios é pauta de discussões e debates por atingir índices de coleta e tratamento inferiores a 50% em vários municípios, principalmente das Regiões Norte e Nordeste. 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.

A jusante das redes de esgoto, temos as estações de tratamento de esgoto (ETE), que 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

¹ Com excessivas aplicações do bio sólido, a acumulação pode fazer com que haja uma queda da matéria orgânica, e disposição dos metais pesados.

partir do seu sistema de produção (tratamento do esgoto), sendo um deles, o lodo de esgoto (LE).

Com o funcionamento das ETEs nos municípios, uma nova problemática ambiental é inserida: a gestão e disposição adequada dos resíduos sólidos gerados, o lodo de esgoto. No Brasil, o LE geralmente é encaminhado para o aterro sanitário, sendo esse processo chamado de codisposição. Essa prática acaba diminuindo o tempo de vida útil dos aterros, que misturam o LE com outros resíduos sólidos domésticos em suas células (Alamino, 2010).

Entretanto, esse LE não deve ser desperdiçado, pois existem diversas alternativas técnicas, econômicas e ambientalmente seguras para a sua reciclagem. Uma delas é a sua aplicação agrícola como foi explicado no tópico 2, “O PRODUTO”, introduzindo assim, nutrientes que as plantas necessitam para germinar e produzir folhas, grãos e frutos, melhorando a safra sem prejudicar o meio ambiente.

Olhando a necessidade da sociedade, o projeto capacita o município a ser mais sustentável, dialogando com dois setores: o primeiro, referente a reutilização de um rejeito (lodo de esgoto), que é produzido no mesmo município que terá o seu destino adequado. O segundo, contribuindo com a agricultura local, fornecendo um adubo de qualidade que auxilia na recuperação de solos e otimização das culturas do próprio município.

6. APLICABILIDADE

O investimento em saneamento é crescente no Brasil. O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) foi criado no ano de 2007 a fim de promover a retomada do planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura.

O trabalho da dissertação, pode ser modelo para outros municípios de Alagoas que possuam a sua própria estação de tratamento de esgoto, o **Quadro 1 e 2**, adaptado da Cartilha Estadual de Alagoas, apresenta os dados do 7º balanço do PAC (2015-2018).

Assim como em Igaci, para realizar em outro município, inicialmente deve ser criado um inventário do local, constando o levantamento de dados espaciais temáticos de interesse ambiental (solo, água, vegetação nativa, relevo), uso atual do solo rural e urbano e contexto institucional (legislação). Como a própria metodologia do PROSAB (2001), informa, na

ausência de alguns dados, pode-se reajustar a metodologia para as características locais, e assim criar a carta de aptidão agrícola.

Quando levada em consideração a dosagem agrícola do lodo, a única variável será a porcentagem de nitrogênio na cultura, sendo assim necessário realizar as análises do LE. Também deverá ser analisada a Resolução CONAMA 375 de 2006, para garantir a qualidade do biossólido no que tange a contaminação do meio ambiente.

Quadro 1: Cartilha Regional de Alagoas (Balanço PAC)

MUNICÍPIO BENEFICIADO	PROPONENTE	EMPREENDIMENTO	DATA DA SELEÇÃO	INVESTIMENTO TOTAL (R\$ MILHARES)	ESTÁGIO
Maceió	Estado	Elaboração de projeto de esgotamento sanitário da bacia do Reginaldo visando a despoluição do riacho Salgadinho	nov/10	1.263,90	Em execução
Anadia	Município	Esgotamento sanitário	nov/07	3.680,62	Em obras
Anadia	Município	Esgotamento sanitário	dez/11	7.247,94	Em obras
Boca da Mata	Município	Esgotamento sanitário	nov/07	1.278,00	Em obras
Boca da Mata	Município	Esgotamento sanitário	de/11	16.960,14	Em obras
Delmiro Gouveia	Município	Esgotamento sanitário	nov/07	5.209,26	Em obras
IGACI	Município	Esgotamento sanitário	mai/14	11.334,18	Em obras
Jacuípe	Município	Esgotamento sanitário	nov/07	692,16	Concluído
Olho D'água das Flores	Município	Esgotamento sanitário	mai/14	21.976,60	Em obras
Ouro Branco	Município	Esgotamento sanitário	mai/14	13.055,83	Em obras
Pariconha	Município	Esgotamento sanitário	nov/07	1.816,20	Em obras
Pariconha	Município	Esgotamento sanitário	dez/11	3.949,85	Em obras
São José da Tapera	Município	Esgotamento sanitário	nov/07	3.884,24	Em obras
São José da Tapera	Município	Esgotamento sanitário	dez/11	10.902,60	Em obras

Fonte: Editado de ALAGOAS (2018).

Quadro 2: Cartilha Regional de Alagoas (Balanço PAC)

TIPO	SUBTIPO	EMPREENHIMENTO	INVESTIMENTO 2015 A 2018 (R\$ MILHÕES)	INVESTIMENTO PÓS 2018 (R\$ MILHÕES)	ESTÁGIO
Recursos Hídricos	Revitalização de Bacias	Esgotamento Sanitário - Apoio / Projetos (inclusive Craibas, Jacaré dos Homens, Major Isidoro, Olho D'água das Flores)	0,79	1,09	Em execução
Recursos Hídricos	Revitalização de Bacias	Esgotamento Sanitário em Belo Monte	1	2	Em obras
Recursos Hídricos	Revitalização de Bacias	Esgotamento Sanitário em Cacimbinhas	4,33	-	Concluído
Recursos Hídricos	Revitalização de Bacias	Esgotamento Sanitário em Canapi	0,28	8,01	Em obras
Recursos Hídricos	Revitalização de Bacias	Esgotamento Sanitário em Carneiros	3,56	-	Concluído
Recursos Hídricos	Revitalização de Bacias	Esgotamento Sanitário em Delmiro Gouveia	-	14,4	Em obras
Recursos Hídricos	Revitalização de Bacias	Esgotamento Sanitário em Olho D'água do Casado	3,59	3,29	Em obras
Recursos Hídricos	Revitalização de Bacias	Esgotamento Sanitário em Piaçabuçu	7,4	3,72	Em obras
Recursos Hídricos	Revitalização de Bacias	Esgotamento Sanitário em São Bráz	3,4	1,7	Em obras
Recursos Hídricos	Revitalização de Bacias	Esgotamento Sanitário em Jaramataia	0,49	0,1	Em obras

Fonte: Editado de ALAGOAS (2018).

7. INOVAÇÃO

O projeto proposto possibilita ao 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) para utilização na agricultura, sendo responsável por uma geração de alimentos mais saudáveis em razão do biossólido ser um adubo de 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, a saúde da população e a preservação do meio ambiente é necessário um acompanhamento de engenharia com mão de obra qualificada, podendo ela ser terceirizada pela Prefeitura de Igaci ou inserida na sua Secretaria Municipal de Agricultura, Meio Ambiente e Pesca. Esse acompanhamento seria responsável pela interpolação de dados no QGIS; qualidade físico-química e bacteriológica do biossólido; escolha das melhores técnicas e tecnologias de sua utilização agrícola; e boa gestão do lodo a favor da recuperação dos solos e otimização da agricultura.

Já existem várias formas de aproveitar o lodo de esgoto (LE), uma delas é a sua reciclagem agrícola ou na recuperação do solo. A CONAMA 375 de 2006 foi criada para orientar melhor a disposição do lodo no solo, e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) já enquadra o lodo como um produto agrícola.

Além desses reconhecimentos, algumas companhias de saneamento já aplicam essa reciclagem, é o caso da Sanepar (Paraná), Caesb (Brasília), Cedae (Rio de Janeiro), Cetesb (São Paulo), BRK Ambiental, etc. (BITTENCOURT, AISSE e SERRAT, 2017; CETESB, 1999; BRK AMBIENTAL, 2017; PORTAL DE TRATAMENTO DE ÁGUA, 2021; LEMAINSKI e SILVA, 2006; ABREU, 2014).

O produto de mestrado utiliza o georreferenciamento como ferramenta de mapeamento das áreas aptas para a reciclagem do LE, e as informações (vetores e shapes) podem ser disponibilizadas e utilizadas em softwares gratuitos para utilização dos funcionários da prefeitura (QGIS ou Google Earth). Apesar dessa metodologia já ser encontrada em alguns trabalhos que mapearam regiões em Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, etc., ainda não existe nenhum município de Alagoas ou do Nordeste

com essa ferramenta de gestão (URBAN e ISAAC, 2016; CUNHA et al., 2019; SOUZA et al., 2014).

8. COMPLEXIBILIDADE

A produção das cartas temáticas e quadros da dissertação necessitou de uma visão multidisciplinar, envolvendo as áreas de saneamento, meio ambiente, geoprocessamento, agronomia e direito. Além disso, a engenharia se faz necessária quando se obtém poucos dados especializados, sendo assim, necessário a adaptação da metodologia do PROSAB (2001) para restrição de áreas com potencial de contaminação dos parâmetros físicos, biológicos e/ou sociais.

9. JUSTIFICATIVA

Foi escolhido o município de Igaci como área de estudo, por ter a execução do seu esgotamento sanitário concluída recentemente, no mês de agosto de 2018. 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.

Atualmente, o lodo gerado na ETE de Igaci, possui como destino adequado a Central de Resíduos Sólidos (CTR) de Craíbas, localizada no município de Arapiraca (fronteira com Igaci). Essa condução acaba gerando um custo constante para o município, sendo ele ocasionado pela logística de transporte do lodo produzido até a CTR de Craíbas, e pelo pagamento recorrente da entrega desse resíduo no aterro, em que no presente ano (2019), o valor cobrado por tonelada de resíduo é de R\$ 85,00 (oitenta e cinco reais).

Fora os custos financeiros para o município, essa ação acaba gerando alguns problemas ambientais, gases tóxicos emitidos pelos veículos de transporte do lodo à CTR e redução da área útil do aterro, que recebe um rejeito sanitário que poderia ser reutilizado para o melhoramento da eficiência na produção dos alimentos do município e da qualidade do solo na região.

Dessa forma, o presente produto aborda o desenvolvimento e aplicação de métodos utilizando Sistema de Informação Geográfica (SIG), voltados para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto gerado pela Estação de Tratamento de Esgoto do município de Igaci, e calcula a dosagem necessária de lodo para as principais culturas da região.

10. ENQUADRAMENTO LEGAL:

A aplicação do lodo de esgoto no solo de forma adequada pode ser considerado um aproveitamento de rejeito ambientalmente, por agregar valor econômico positivo para a população, recuperando a fertilidade dos solos degradados ou sendo utilizado como adubo pelos agricultores. Porém, deve-se aplicá-lo apenas quando a sua qualidade estiver boa, e mesmo assim, a disposição deve ser feita em áreas seguras e com a dosagem controlada.

O descuido com a correta aplicação e monitoramento do biossólido podem gerar diversos impactos negativos, como perdas da qualidade dos produtos, morte das culturas, contaminação dos solos ou das águas, presença de vetores causadores de doenças e prejuízos à saúde dos agricultores e/ou dos consumidores.

Além de saber as áreas aptas para a disposição do biossólido, também se faz necessário realizar um monitoramento da qualidade do lodo na operação da ETE, para assegurar que ele não contenha agressores ambientais.

Amostras do biossólido deverão ser encaminhadas para laboratórios, que realizarão análises físico-químicas e bacteriológicas. Análises de macro e micronutrientes do biossólido também deverão ser realizadas, e servirão de base para o cálculo de adubação da área agrícola, que irá variar de acordo com o tipo de cultura, como mostrado na dissertação.

Os resultados obtidos nas análises devem atender a resolução nº 375, de 20 de agosto de 2006, que 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.

No caso de divergência com a resolução, deve-se encaminhar o lodo de esgoto para a CTR, ou consultar profissionais qualificados para indicar um tratamento específico para que o LE possa atender os parâmetros estabelecidos nesta resolução.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. H. M. **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. 2014.

ALAGOAS. PAC-7º Balanço (2015-2018). Cartilha Regional - Alagoas. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/pub/up/relatorio/2016a7f1883d4c727bcd5d274881dab4.pdf>>. Acesso em: 26 de julho de 2018.

ALAMINO, R. C. J. **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, 2010. 221 pp.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; CASTRO, L. A. R. **Diagnóstico do Potencial dos Solos da Região de Maringá para a Disposição Final do Lodo Gerado pelos Sistemas de Tratamento de Esgoto do Município**. Sanare – Revista Técnica da Sanepar, v. 13, nº 13, janeiro a junho 2000. Curitiba, PR. p. 40 a 50. (pg 10).

BITTENCOURT, S.; AISSE, M. M.; SERRAT, B. M. Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil. Engenharia Sanitaria e Ambiental. Vol.22 nº6, Rio de Janeiro Nov./Dec. 2017.

BRASIL. 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. 2006.

BRK Ambiental. SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL - Lodo do esgoto de Rio Claro vira adubo orgânico. Disponível em: <<https://www.brkambiental.com.br/rio-claro/solucao-sustentavel-lodo-do-esgoto-de-rio-claro-vira-adubo-organico-2>>. Acesso em 23 de outubro de 2021.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Aplicação de lodos de sistema de tratamento biológico em áreas agrícolas – Critério para projeto e operação**. São Paulo, 1999. 32 p. (Manual Técnico – P4.230).

CHERNICHARO, C.A.L. de. Chernicharo. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. v.5, 379 p. p 25.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário de 2017. Lavoura Permanente e Lavoura Temporária. Igaci, AL: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/igaci/pesquisa/24/76693>>. Acesso em 24 de março de 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola - Cereais, Leguminosas e Oleaginosas de 2007. Igaci, AL: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/igaci/pesquisa/31/29644>>. Acesso em 24 de março de 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola - Lavoura Permanente de 2019. Igaci, AL: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/igaci/pesquisa/15/11863>>. Acesso em 24 de março de 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola - Lavoura Temporária de 2019. Igaci, AL: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/igaci/pesquisa/14/10193>>. Acesso em 24 de março de 2021.

IPA - INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação. Comissão Estadual de Fertilidade do Solo. Recife, 2008. 199p.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. Utilização do biossólido da CAESB na produção de milho no Distrito Federal. Poluição do solo e qualidade ambiental. Rev. Bras. Ciênc. Solo 30 (4). 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000400015>>. Acesso em 23 de outubro de 2021.

PROSAB. **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, 2001. 257 p.

ROLIM, S. M.; COELHO, L. M. **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, 2016. 348 p.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. Lodo de esgoto sanitário é transformado em adubo orgânico para hortas e jardins. Resíduo do sistema de tratamento de esgoto de Atibaia (SP) se tornou matéria-prima para fertilizante destinado a pequenos produtores de hortaliças e plantas ornamentais. Publicado em 01 de abril de 2021. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/lodo-esgoto-adubo-organico/>>. Acesso em: 23 de outubro de 2021.

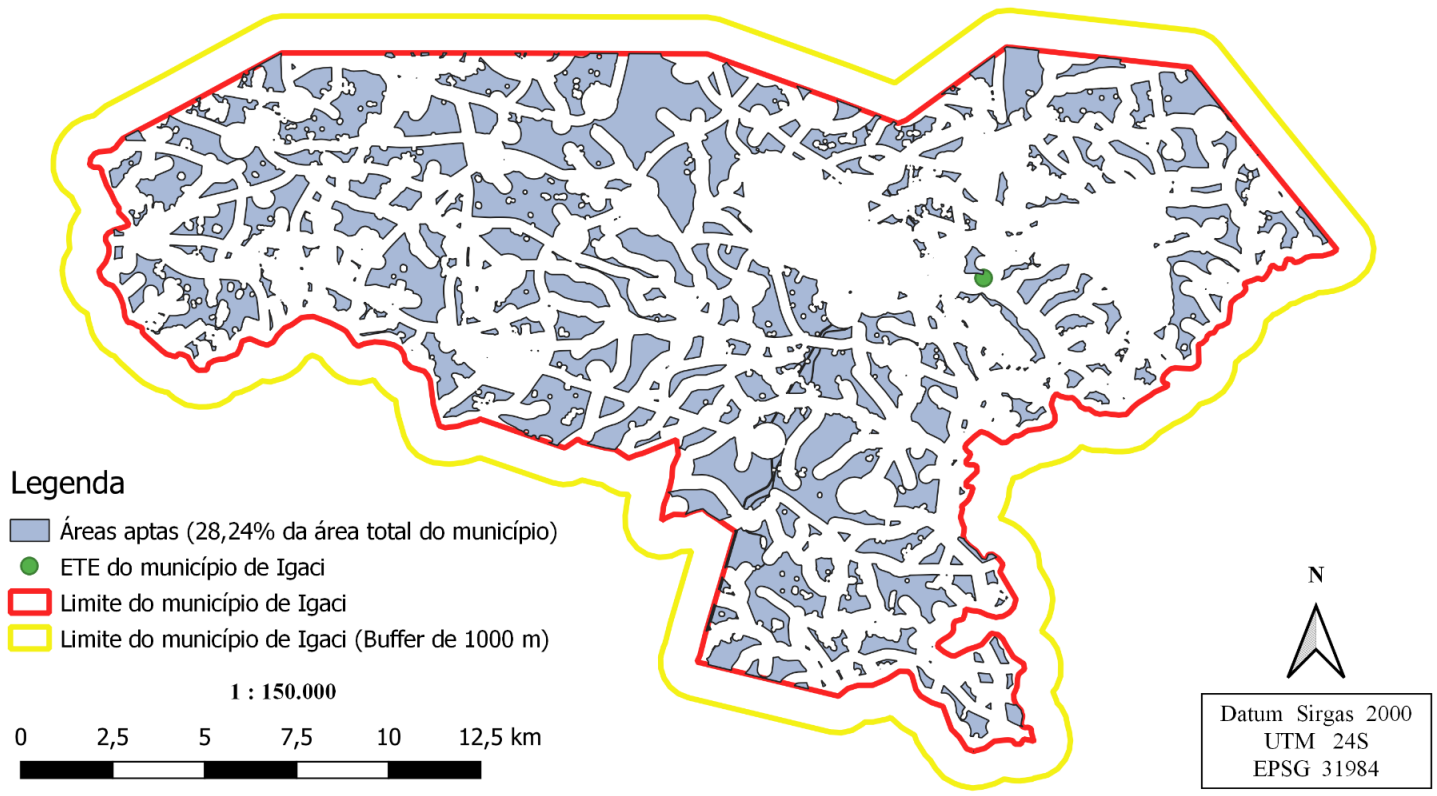
SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, 2004. 400pp.

URBAN, R. C.; ISAAC, R. L. **Mapa de aptidão do solo para a aplicação de lodo de esgoto: Bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. Revista Ambiente e Água - Na Interdisciplinary Journal of Applied Science vol. 11 n. 1 Taubaté - Jan. / Mar. 2016.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol 4. Lodos ativados**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA. Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. 428 p. p .22

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Volume 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005. 3ª Ed. 452p. p. 340-346.

ÁREAS APTAS A RECEBEREM O LODO DE ESGOTO COM FINALIDADES AGRÍCOLAS



ANEXO II - CÁLCULO DE ADUBAÇÃO DO LODO 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
VALOR Nitrogênio Total (%) ADUBO		2,49	2,00	1,7	1,4	1,9	1,4	3	1,4

Fonte: Elaborado pelo autor.

* No plantio

** Na cobertura

*** No crescimento