

FACULDADES INTEGRADAS DE BAURU
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Alan Kleber da Cruz
Washington Marinho da Silva

USO DE BIOSSOLO NA RECUPERAÇÃO DE GRAMAS ESMERALDA

BAURU
2017

Alan Kleber da Cruz
Washington Marinho da Silva

USO DE BIOSSOLO NA RECUPERAÇÃO DE GRAMAS ESMERALDA

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado às Faculdades Integradas
de Bauru para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil, sob a
coordenação da disciplina de TCC.**

BAURU
2017

Silva, Washington Marinho

Uso de Biossolo na Recuperação de grama esmeralda. Alan Kleber da Cruz, Washington Marinho da Silva Bauru, FIB, 2017.
32f.

Monografia, Graduação em Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Bauru

Coordenador: Luiz Vitor Crepaldi Sanches

1.Biossolo. 2. Lodo 3. Tratamento de esgoto I. Uso de biossolo em recuperação de gramas na cidade de Bauru. Faculdades Integradas de Bauru.

CDD 620

Alan Kleber da Cruz
Washington Marinho da Silva

USO DE BIOSSOLO NA RECUPERAÇÃO DE GRAMAS ESMERALDA

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado às Faculdades
Integradas de Bauru para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Civil.**

Bauru, de de 2017.

Banca Examinadora:

Presidente/ Coordenador:

Professor 1:

Professor 2:

**BAURU
2017**

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho à Deus e nossa família, pois neles que nos agarramos nas dificuldades, pois esforçamos muito para chegar até este momento da conclusão deste curso.

Alan Kleber Cruz

Washington Marinho da Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos familiares pelo incentivo e pela força e dedicação.

A Deus pela saúde que nos foi dado e a força para superar os obstáculos.

A nossas esposas e filhos pela paciência.

Ao nosso orientador Prof. Luiz Vitor Sanches, suporte e tempo aplicado.

A Prof.^a Tatiene Coelho pelas técnicas de aprendizagem do TCC.

Aos colegas e amigos pela convivência, respeito e sugestões feitas ao trabalho.

Aos demais colaboradores, obrigado pelo empenho e dedicação demonstrados.

Agradeço de modo especial, a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram e acreditaram na realização deste trabalho.

Obrigado.

A verdadeira motivação vem de realização, desenvolvimento pessoal, satisfação no trabalho e reconhecimento.

Frederick Herzberg

SILVA, Washington Marinho; Cruz, Alan Kleber. **Uso de bio solo na recuperação de gramas esmeralda**. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - FIB. Bauru, 2017.

RESUMO

O procedimento para recuperação de áreas degradadas é lento e está relacionado a capacidade de restabelecimento do solo, principalmente em relação às suas propriedades físicas. Para promover melhorias nas características físicas de solos degradados, especialmente os de textura arenosa, o uso de materiais orgânicos é extremamente importante, pois um dos principais efeitos da matéria orgânica (MO) sobre os atributos físicos do solo está associado ao grau de agregação, que conseqüentemente, altera a densidade, porosidade, a aeração e a capacidade de retenção e infiltração de água. Como fonte alternativa de MO, o lodo de esgoto vem revelando-se um importante insumo agrícola, de interesse na recomposição de solos degradados, bem como na fertilização das culturas. Alguns trabalhos têm demonstrado que o lodo de esgoto pode resultar na recuperação das características físicas de solos degradados. O objetivo deste estudo técnico foi demonstrar a potencialidade do uso de bio sólido como fertilizante orgânico. Foi realizado um estudo teórico sobre o experimento de Backes (2013) onde o mesmo, foi instalado e conduzido em propriedade de grama no Município de Itapetininga São Paulo (SP), localizada nas coordenadas geográficas 23°91' de latitude sul e 48°03' de longitude oeste de Greenwich e altitude média de 636m. A área vinha sendo utilizada para a produção comercial de grama, colhida mecanicamente em tapetes, há cerca de 10 anos. O corte dos tapetes foi realizado mecanicamente por meio de colhedora acoplada ao trator. A taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama foi avaliada por meio da análise de imagem digital, aos 45, 75, 105, 135, 165 e 195 dias após a aplicação do lodo de esgoto (DAA). A TCS (taxa de cobertura de solo) foi influenciada pelas doses de lodo de esgoto. Aos 45 dias após a aplicação do lodo, a dose de 38 Mg ha⁻¹ possibilitou a TCS de 85,35%. Aos 75 dias, houve aumento linear da TCS com o aumento das doses aplicadas, sem alcançar um ponto de máximo. Nas épocas de 105 e 135 DAA, a dose de 33 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto promoveu taxas de cobertura do solo pela grama de 99,0 e 99,8%, respectivamente. Aos 165 DAA, de acordo com a equação ajustada, a dose de lodo de 31 Mg ha⁻¹ permitiu a cobertura total do solo pela grama esmeralda (TCS de 100%). Com a TCS de 100% aos 165 dias após a aplicação do lodo, verifica-se que o tempo de formação de tapetes de grama esmeralda foi menor em relação ao tempo médio de 12 meses para a colheita do tapete de grama esmeralda, no Brasil. Pode-se concluir que a utilização do bio sólido na cultura da grama promoveu maior taxa de cobertura do solo quanto maior foi a dose.

Palavras-chave: Bio solo, Lodo e tratamento de Esgoto.

SILVA, Washington Marinho; Cross, Alan Kleber. Use of biosol in the recovery of emerald grams. 32f. Course Completion Work (Graduation in Civil Engineering) - FIB. Bauru, 2017.

ABSTRACT

The procedure for recovery of degraded areas is slow and is related to the soil restoration capacity, mainly in relation to its physical properties. In order to promote improvements in the physical characteristics of degraded soils, especially sandy soils, the use of organic materials is extremely important because one of the main effects of organic matter (OM) on soil physical attributes is associated with the degree of aggregation consequently, it changes the density, porosity, aeration and water retention and infiltration capacity. As an alternative source of OM, sewage sludge has been shown to be an important agricultural input, of interest in the recomposition of degraded soils, as well as in fertilization of cultures. Some studies have shown that sewage sludge may result in recovery of the physical characteristics of degraded soils. The objective of this technical study was to demonstrate the potential of using biosolids as organic fertilizers. A theoretical study was carried out on the Backes experiment (2013), where it was installed and conducted on grassland property in the municipality of Itapetininga, São Paulo (SP), located at the geographic coordinates 23°91 'south latitude and 48°03' west longitude of Greenwich and average altitude of 636m. The area had been used for the commercial production of grass, mechanically harvested in carpets, about 10 years ago. The cutting of the carpets was carried out mechanically by means of a harvester coupled to the tractor. The soil cover rate (TCS) per gram was evaluated by digital image analysis at 45, 75, 105, 135, 165 and 195 days after application of sewage sludge (DAA). TCS (soil cover rate) was influenced by sewage sludge doses. At 45 days after application of the sludge, the dose of 38 Mg ha⁻¹ allowed the TCS of 85.35%. At 75 days, there was a linear increase of the TCS with the increase of the applied doses, without reaching a maximum point. During the periods 105 and 135 DAA, the dose of 33 Mg ha⁻¹ of sewage sludge promoted soil cover rates per gram of 99.0 and 99.8%, respectively. At 165 DAA, according to the adjusted equation, the sludge dose of 31 Mg ha⁻¹ allowed the total soil cover by the emerald grass (TCS of 100%). With 100% TCS at 165 days after the application of the sludge, it is verified that the time of formation of emerald grass carpets was smaller in relation to the average time of 12 months for the harvest of the emerald grass carpet in Brazil. It can be concluded that the use of biosolids in the grass crop promoted a higher rate of soil cover the higher the dose.

Keywords: Biosol, Sludge and Sewage treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	P.
Figura 1 - Comparação entre Logística Verde e Logística Reversa.....	20
Figura 2 - Armazenamento lodo esgoto.....	22
Figura 3 - Remoção de Lodo de lagoas de Estabilização.....	23
Figura 4 - Vista geral da área de aplicação do composto.....	26

LISTA DE QUADROS

	P.
Quadro 1 - Previsão de produção de lodo esgoto.....	18
Quadro 2 - Comparação de testes bibliográficos.....	28

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

ETE – Estação de tratamento de Esgoto

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INSS – Instituto Nacional de Seguridade Social

RMSP _ Região Metropolitana de São Paulo

SABESP _ Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	15
1.2	Objetivos geral	16
1.3	Objetivos específicos	16
2	REFERENCIALTEÓRICO	17
2.1	Tratamento Primário	17
2.2	Tratamento Secundário	17
2.3	Objetivo dos tratamentos visa os seguintes aspectos	18
2.4	Aspectos sanitários e social:	18
2.5	Aspectos econômicos:	18
2.6	Dados Lodo Esgoto	19
2.6.1	Logística Reversa e Logística Verde	20
2.6.2	Lodo Esgoto	21
2.7	Transporte, Movimentação e Armazenamento do Lodo	22
	Resolução CONAMA 375/2006	22
2.8	Principais Métodos de Descarte do Lodo	24
2.9	Reuso do lodo	24
3	DESENVOLVIMENTO	26
3.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	26
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
5	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Com a grande oferta de lodo de esgoto, esse material se tornou uma boa opção para o seu reaproveitamento como fertilizante. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de compostos de lodo de esgoto aeróbio com podas de árvores trituradas e substrato comercial para recomposição de áreas degradadas de gramas do tipo esmeralda, usadas em acostamentos de rodovias com diferentes doses do fertilizante.

Com o olhar voltado para a nutrição nitrogenada das plantas, não importa qual a fonte escolhida para adubação (orgânica ou química), desde que ela seja usada adequadamente e seja capaz de disponibilizar nitrogênio (N) às plantas, em formas minerais.

No processo de mineralização do lodo de esgoto no solo, um dos produtos é o amônio (NH_4^+), que pode ser retido pelo solo, absorvido pelas plantas ou convertido em nitrato (NO_3). O nitrato, por sua vez, pode ser absorvido pelas plantas, lixiviado para fora da zona de absorção das raízes ou ser convertido a nitrogênio gasoso (N_2) e perdido para a atmosfera (BOEIRA, 2004).

Os campos de produção de gramas são muito compactos, sendo manuseados por muitos anos, após sua implantação sem que se trabalhe o solo de modo efetivo, a quantidade de fertilizantes adicionada nesse sistema tem que ser alta para aumentar a concentração de nutrientes no solo e suprir a redução de aeração nas raízes e a absorção ativa de nutrientes, já que a compactação acaba diminuindo a eficiência de absorção de nutrientes pelas plantas (GODOY e VILLAS BÔAS, 2003)

Esse resíduo sólido apresenta disposição final com muitos problemas e frequentemente não observado pelos responsáveis diretos, comprometendo parcialmente os efeitos benéficos da coleta e do tratamento de esgoto. O reaproveitamento agrícola desse resíduo sólido já ocorre atualmente em vários países. O interesse pelo lodo de esgoto como fertilizante não decorre apenas da presença de nutrientes em sua composição, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes, mas também do seu teor de matéria orgânica (SANEPAR, 1997)

A disposição do lodo de esgoto para recuperação de áreas degradadas e a reciclagem agrícola são as medidas mais eficaz e aconselháveis para o lodo, tendo em vista a sua fácil viabilidade da reciclagem dos nutrientes e a promoção de melhorias físicas no solo (GODOY, 2013).

1.1 Justificativa

Com o aumento da coleta de efluentes urbanos e a necessidade de seu tratamento acarretam, diariamente, uma grande quantidade cada vez maior de matéria orgânica (lodo de esgoto). Sua destinação final tem se mostrado como um dos passivos urbanos mais relevantes da atualidade, causando a degradação das condições ambientais com visível aumento dos níveis de poluição.

O tratamento do lodo de esgoto é de vital importância para a saúde da população e preservação dos ecossistemas, quando lançado de maneira incorreta na natureza acarreta a disseminação de doenças causadas pela contaminação do solo, água e alimentos por microrganismos nocivos como os vírus: ovos de helmintos, protozoários, bactérias.

A multiplicação das doenças pode ocorrer também pela ação de vetores que são atraídos pelo esgoto despejado em local inadequado, além disso, os esgotos são ricos em matéria orgânica e nutrientes que podem promover a eutrofização dos cursos d'água, mau cheiro, mortalidade de peixes e muitos desequilíbrios ecológicos.

O armazenamento de lodo de esgoto requer grandes áreas, o que além de envolver grandes riscos ambientais, torna-se dispendioso, fazendo-se necessário encontrar possibilidades viáveis para o seu uso.

O lodo contém grande quantidade de matéria orgânica e nutriente, uma das alternativas viáveis para a disposição desse resíduo é o seu uso como componente de substratos destinados a recuperação de áreas degradadas.

Com o adicionamento de lodo de esgoto a esse tipo de solo enriquece-o com minerais essenciais ao desenvolvimento das plantas e matéria orgânica que fornece nutrientes ao solo, absorve e disponibiliza umidade indispensável à vida, além de promover a agregação do solo que permite uma maior oxigenação das raízes das plantas e resistência à erosão, possibilitando assim a recuperação deste solo.

1.2 Objetivos geral

Buscar, por meio de uma Pesquisa Bibliográfica sistematizada, os possíveis empregos e resultados, positivos e/ou negativos, do lodo de esgoto, quanto na empregabilidade na agricultura e em matérias para construção civil.

1.3 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, inferir quais as possíveis formas de aplicação de tais materiais que o lodo de esgoto passa demonstrar resultados satisfatórios, a fim de serem futuramente empregados na construção civil e agricultura.

2 REFERENCIALTEÓRICO

O mundo inteiro, acentua-se a apreensão do homem com o meio ambiente, pois com a evolução tecnológica e o crescimento industrial, continuam aparecendo problemas ambientais que vêm culminando a saúde humana (CARVALHO et al., 2000).

Com o aumento e demanda da sociedade pela continuidade e melhoria das condições do meio ambiente tem se exigido que autoridades, empresas públicas e privadas procurem conciliar o desenvolvimento econômico e as limitações da exploração dos recursos naturais (CAMARGO *et al.*, 2008).

A totalidade dos resíduos líquidos de origens residências, unidades hospitalares e/ou industriais que necessitem de processo para remoção de impurezas antes de serem devolvidas aos corpos d'água afim de não causarem contaminações e conseqüentemente danos ao meio ambiente e ao ser humano, são considerados esgotos (FARIA, 2006).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define saneamento como —o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem efeito deletério sobre seu bem-estar físico, mental e social.

Saneamento também é definido como: o conjunto de ações que tendem a conservar e melhorar as condições do meio ambiente em benefício da saúde.

De acordo com essas definições e com o conceito de saúde, que é o estado de completo bem-estar físico, mental e social do indivíduo, e não apenas a ausência de doença, pode-se entender o saneamento como um conjunto de medidas de controle ambiental que tem por objetivo proteger a saúde humana.

2.1 Tratamento Primário

É a transformação de sólidos dissolvidos e coloidais por processos biológicos.

2.2 Tratamento Secundário

Nas transformações apresentadas como produtos finais, os resíduos tratados, lodo esgoto com grande carga orgânica do esgoto bruto original e gases que são lançados para a atmosfera em decorrência da atividade biológica do tratamento (DAVIS, 1989 apud DAMASCENO; CAMPOS, 1998).

Para solucionarmos este problema é necessário, inicialmente, conhecer todo o sistema de produção de lodo esgoto em função do sistema de tratamento empregado. O lodo de esgoto apresenta-se especificamente com 98% de água dos sólidos contidos, 70 a 80% são matéria orgânica, incluindo óleos e graxas (DAMASCENO; CAMPOS, 1998).

Nas transformações apresentadas como produtos finais, os resíduos tratados, lodo esgoto com grande carga orgânica do esgoto bruto original e gases que são lançados para a atmosfera em decorrência da atividade biológica do tratamento (DAVIS, 1989 apud DAMASCENO; CAMPOS, 1998).

Para solucionarmos este problema é necessário, inicialmente, conhecer todo o sistema de produção de lodo esgoto em função do sistema de tratamento empregado. O lodo de esgoto apresenta-se especificamente com 98% de água dos sólidos contidos, 70 a 80% são matéria orgânica, incluindo óleos e graxas (DAMASCENO; CAMPOS, 1998).

2.3 Objetivo dos tratamentos visa os seguintes aspectos

2.4 Aspectos sanitários e social:

- melhoria da saúde e das condições de vida de uma comunidade;
- diminuição da mortalidade em geral, principalmente da infantil;
- aumento da esperança de vida da população;
- diminuição da incidência de doenças relacionadas à água;
- implantação de hábitos de higiene na população;
- facilidade na implantação e melhoria da limpeza pública;
- possibilidade de proporcionar conforto e bem-estar;

2.5 Aspectos econômicos:

- aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos;
- diminuição dos gastos particulares e públicos com consultas e internações hospitalares;
- facilidade para instalações de indústrias, onde a água é utilizada como matéria-prima ou meio de operação;

- incentivo à indústria turística em localidades com potencialidade para seu desenvolvimento.

Regularmente os resíduos sólidos despejados é destinado a aterros sanitários, em área próxima a ETE, ou mesmo em lagoas de lodo, ou ainda em áreas agrícolas de maneira não controlada (TSUTIYA *et al.*, 2001).

Tal maneira que o reaproveitamento do lodo de esgoto na agricultura seja recomendado somente será comprovado seus benefícios agrônômicos, quando não houver nenhum dano ambiental e com melhorias na qualidade e potencial produtivo dos solos agrícolas (BOEIRA *et al.*, 2009).

2.6 Dados lodo esgoto

A previsão de produção de lodo esgoto das cinco estações de tratamento de esgotos da RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) operadas pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) para o ano de 2015 foi da ordem de 750 ton/dia em base seca. Considerando uma concentração de sólidos da ordem de 30 % (apenas desaguamento mecânico sem secagem térmica), a produção de lodo úmido será da ordem de 2.500 ton/dia, assim distribuída:

Quadro 1: Previsão de produção de lodo esgoto

CIDADE	Quantidade Ton/dia
Barueri	1.010
Suzano	105
ABC	352
São Miguel	256
Pq. Novo mundo	772

Fonte: ETE Barueri 2016

É evidente que pela sua grande aglomeração de matéria orgânica, o lodo de esgoto consiste um importante enriquecedor para fertilidade do solo, oferecendo as plantas os nutrientes de que ela necessita, assim sendo, contribui para o aumento e crescimento da produção agrícola, sendo supérfluo muitas vezes o uso de fertilizantes, o que acarreta com uma despesa menor para o produtor rural e ainda colabora com a manutenção do meio ambiente (NOGUEIRA *et al.*, 2008).

No que se refere ao aspecto químico, a aplicação do lodo de esgoto como fonte de adubação orgânica, e sua lenta liberação dos nutrientes, é uma opção de

aumentar a eficiência da adubação nitrogenada em gramas. Auxiliando, dessa maneira, o lento crescimento da grama, promovendo um menor custo de corte. (ANGLE, 1994).

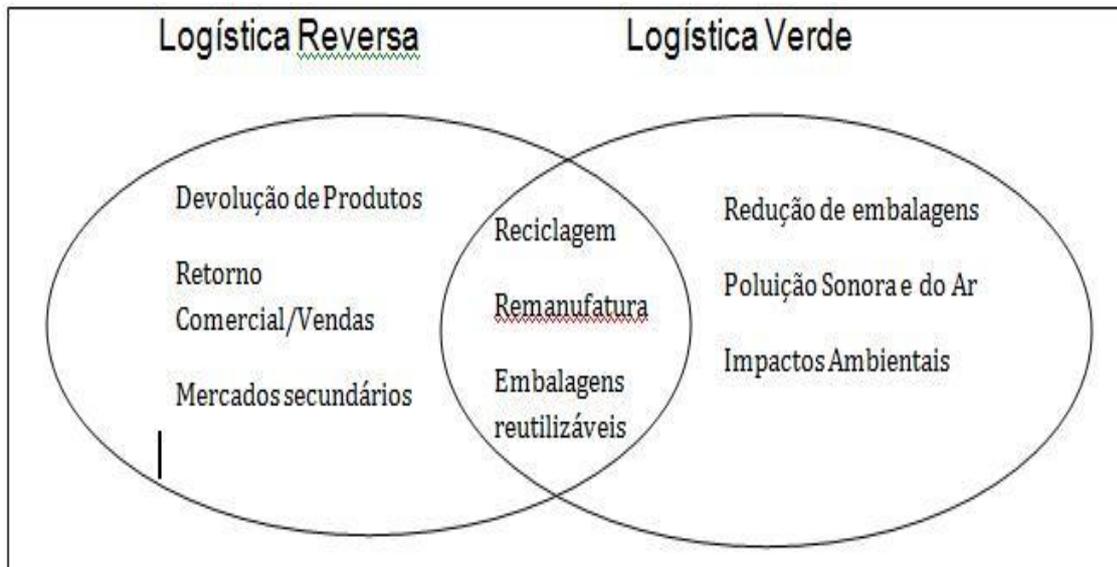
Quando o N em doses superiores pode acarretar em um fator negativo a dosagem máxima de lodo de esgoto a ser aplicada ao solo, o N pode lixiviar na forma de nitrato e infectar o lençol freático. Este material orgânico (lodo de esgoto) possui altos teores de N, P e baixos de K. Os micronutrientes se apresentam em quantidades menores que os 10 macronutrientes. No entanto quando o lodo é aplicado para prover a demanda de N, a demanda dos micronutrientes também é suprida (SANEPAR, 1997).

2.6.1 Logística reversa e logística verde

A logística reversa é um dos instrumentos para aplicação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. A PNRS (Política nacional de resíduos sólidos) define a logística reversa como um "instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada".

A logística reversa preocupa-se basicamente com o regresso dos resíduos de pós-consumo e pós-venda do ciclo produtivo, incorporando-lhes valor econômico, logístico e ambiental. Atrapalhando muitas vezes a logística verde, porém enquanto a reversa procura meios de introduzir ao ciclo de negócios os produtos já desprezados, a logística verde estuda a diminuição de impactos ambientais da logística comum (RESENDE, 2004).

Figura 1: Comparação entre logística verde e logística reversa.



Fonte: Revlogistica.wordpress 2013

2.6.2 Lodo de esgoto

O aumento de coletas de tratamento de esgoto cresce proporcional ao aumento gerado do lodo de esgoto, que por sua vez, deve seguir o crescimento populacional. Estimativas apontavam que em 2010 uma produção nacional de 150 a 220 mil toneladas de matéria seca por ano, considerando que o tratamento de esgoto atingia apenas 30% da população urbana (PEDROZA *et al.*, 2010).

Em muitas pesquisas, considera-se que o ser humano produza cerca de 120g de sólidos secos diários lançados nas redes de esgoto. Portanto, quando os resíduos sólidos não contêm resquícios industriais, é basicamente composto por 99,87% de água, 0,04% de sólidos sedimentáveis, 0,02% de sólidos não sedimentáveis e 0,07% de substâncias dissolvidas (NUVOLARI *et al.*, 2011).

São gerados dois tipos de resíduos no tratamento de esgoto por processo biológico: o efluente líquido pronto para ser devolvido ao meio ambiente e o lodo (primário e secundário) que é um material pastoso com grande concentração de micro-organismos, sólidos orgânicos e minerais (NUCCI *et al.*, 1978).

2.7 Transporte, movimentação e armazenamento do lodo

Em todas as operações logísticas, os gastos com transporte têm grande importância sobre os custos finais das operações. Com o lodo de esgoto não é diferente, os gastos com movimentação e transporte estão diretamente ligados ao seu teor de umidade. A redução de 98% para 85% do teor de umidade do lodo reduz o volume de carga a ser transportada a apenas 13% do volume original (VON SPERLING, 2001).

De tal maneira que o tipo de biossólido produzido (termo usado para o lodo tratado que pode ser usado principalmente na agricultura) e a significativa redução do número de caminhões necessários para o transporte de 6 ton de lodo matéria seca. Gasto com transporte é de sumaria importância para a viabilidade econômica do uso agrícola do lodo de esgoto. Quanto maior o volume transportado por viagem, menor o custo unitário de transporte (VON SPERLING, 2001).

Anteriormente de ser encaminhado ao destino final, o lodo de esgoto tem que ser movimentado dentro da própria estação de tratamento de esgoto (ETE) para esse transporte, normalmente, são colocados em esteiras transportadoras ou caçambas do tipo Brook com capacidade média de 5m³ cada, fixadas a caminhões com dispositivos hidráulicos de carga e descarga. Caminhões que realizarão o transporte devem possuir carrocerias totalmente vedadas, e que tenham sistema de travas em suas caçambas e possuir lona plástica para cobertura, cone para sinalização, pá, enxadas e luvas de látex. Cuidados devem ser tomados com seu transporte, lembrando que todas as responsabilidades no transporte do lodo de esgoto são de responsabilidade da geradora do resíduo, e devem ser observadas também as condições das estradas a percorrer, distância, tipos de veículos, limpeza dos pneus ou de qualquer outra parte do veículo ao sair da ETE, não carregar nem transportar em dias chuvosos se a operação não puder ser realizada em ambiente e caminhões cobertos (CETESB, 2007).

Resolução CONAMA 375/2006

O art. 19, da Resolução CONAMA 375/2006 ordena que a Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL) é responsável pelo carregamento e transporte do biossólido. Determina que para removê-lo da ETE, o motorista do caminhão deve apresentar um Termo de Responsabilidade e Formulário de Controle e Retirada devidamente preenchidos. Os documentos são emitidos pela própria UGL e deverão

ser mantidos em arquivo para que possam ser apresentados aos órgãos fiscalizadores sempre que forem solicitados (BRASIL, 2004).

Essa também é uma exigência do órgão ambiental Companhia Estadual de Tecnologia em Saneamento Básico (CETESB) que serve para rastrear o resíduo, identificando o gerador, o transportador e o destino do lodo. O uso de caminhões do tipo semirreboque com capacidade de transporte entre 20 a 25m³/viagem possibilitaria uma redução nos custos de transporte por tonelada (CANZIANI, 1999).

Enquanto o lodo de esgoto estiver na unidade gerenciadora, deverá ser armazenado em local coberto para não ocorrer o encharcamento e diminuir o problema de odor. O local deve possuir piso de concreto armado ou asfalto, impermeabilizado de modo a evitar a infiltração do lodo no solo e estruturas de coleta de chorume e de águas pluviais (VON SPERLING, 2001).

Nas normas de estocagem de biossólidos da Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA) acredita ser indispensável o investimento em obras adequadas, grandes galpões com piso de concreto ou asfalto e cobertura. (USEPA, 2000, apud, SANTOS; JOHN, 2007).

Figura 2: Armazenamento lodo esgoto



Fonte: Revista eletrônica Rural Pecuária (2016).

2.8 Principais Métodos de Descarte do Lodo

Com uma certa preocupação no descarte correto do lodo de esgotos é algo novo no Brasil. Até poucos anos, a única referência ao lodo nos projetos das ETEs, após o tratamento, era uma indicação como uma seta e as palavras “disposição final”, sem orientar onde seria o descarte e nem como seria feito. Desta maneira, as empresas gerenciadoras de saneamento básico buscavam apenas se livrar do lodo de esgoto, sendo as formas mais utilizadas o descarte da torta de lodo em aterros sanitários e o descarte do lodo líquido, bombeado através de dutos até alto-mar – descarga oceânica (NUVOLARI *et al.*, 2011).

2.9 Reuso do lodo

Com a introdução do lodo de esgotos na fabricação de produtos cerâmicos, como lajotas, tubos, telhas e tijolos, tem-se apresentado uma alternativa viável de destino adequado. O lodo é adicionado ao processo durante a etapa de preparação da massa cerâmica e auxilia na correção de umidade. Pode ser feito manualmente, com máquinas pás carregadeiras, ou em olarias mais tecnificadas, utilizando-se equipamentos apropriados (ANDREOLI *et al.*, 2006).

Inserir cinzas do lodo ao processo produtor de cimento diminui seus custos de produção e, como o cimento é o elemento mais caro do concreto, também reduz os custos deste item indispensável na construção civil. É aceitável substituir 35% do consumo de cimento Portland por lodo calcinado entre temperaturas de 700°C a 800°C (PEREIRA, 2012).

Figura 4: Remoção de lodo de lagoas de estabilização



**Fonte: LODO – Remoção manual do lodo de lagoa anaeróbia – Vitoria (ES)
(Cortesia CESAN) – 1999**

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Esta pesquisa foi de caráter exploratório, cujo procedimento adotado é o da Pesquisa Bibliográfica. Em primeiro lugar foi a seleção de bibliografias referentes ao tema escolhido: lodo de esgoto empregado na recuperação de solos degradados.

Desta maneira, por meio de pesquisa sistematizada, foi feita as comparações de diversas pesquisas.

Após a seleção destas pesquisas foram feitos procedimentos experimentais que comprovassem que o material era viável para ser aplicado e reutilizado, tanto na recuperação de solos para melhoramento de gramas, quanto à sua empregabilidade na construção civil.

Com o aumento da população e conseqüentemente mais lodo de esgoto são produzidos, e conseqüentemente mais estudo são feitos para sua viabilidade e empregos na agricultura e construção civil.

A aplicação de lodos na agricultura, no entanto, deve ser feita de maneira controlada, pois apesar de possuir características consideravelmente favoráveis ao seu reuso, não se deve esquecer que é um resíduo cuja origem é extremamente diversa, podendo conter inúmeras substâncias prejudiciais tanto ao meio ambiente quanto aos animais e ao próprio homem.

Dessa forma, torna-se necessário promover uma investigação das possibilidades de mercado existentes que possam viabilizar a utilização dos lodos como insumos, verificando a geração de benefícios tanto para as prestadoras de serviços de saneamento quanto para os demais produtores interessados em utilizar esses lodos.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Backes (2013), o experimento foi realizado e conduzido em propriedade produtora de grama, localizada em Itapetininga. As coordenadas geográficas da área são aproximadamente: 23°91' de latitude sul e 48°03' de longitude oeste de Greenwich e altitude média de 636 m.

O experimento foi iniciado aos 60 dias após o corte do tapete anterior. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico.

Para caracterização química do solo foram coletadas amostras (compostas de 10 sub amostras simples) na profundidade 0-10 cm, onde ocorre o desenvolvimento radicular da grama, em toda a área experimental com a utilização de uma sonda. A análise química foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo no Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônômicas, segundo a metodologia. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco repetições e 12 tratamentos. Os tratamentos foram definidos por cinco doses de lodo de esgoto compostado (0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹, base seca), uma dose de adubo inorgânico e duas formas de aplicação. Cinco tratamentos receberam o adubo através de aplicação não parcelada correspondente a dose total e os demais, foram adubados parceladamente em duas aplicações; 50% do adubo orgânico aplicado no início do experimento e o restante, após atingirem 50% da taxa de cobertura. Cada bloco foi dividido em doze parcelas de 2 x 2,5 m com 1m de bordadura, totalizando aproximadamente 350 m² de área experimental. Para demarcação das parcelas foi utilizado fio de barbante com diâmetro de 5mm.

Figura 4. a - Demarcação da área experimental



Fonte: Backes (2013)

Figura 4. b - Lodo de esgoto compostado



Fonte: Backes (2013)

Figura 4. c - Vista geral da área após aplicação do composto.



Fonte: Backes (2013)

O segundo experimento foi realizado por (Sampaio) na Fazenda Entre-Rios, da Companhia Suzano Bahia Sul de Papel e Celulose, na região de Itatinga-SP. A área encontra-se nas coordenadas geográficas de 23° 18' de latitude sul e 48° 30' de longitude oeste de Greenwich, a 636 m de altitude.

O relevo é plano, e o solo original, um Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2006). A área apresentava-se degradada pela perda da camada superficial e com alto nível de compactação, por ter sido utilizada como depósito de madeira pela empresa. Antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo para realização de análises químicas e físicas. Iniciou-se a instalação do experimento em março de 2005, quando foi realizada a raspagem do terreno com uma patrol, para retirada da braquiária, e preparo do solo com subsolador de dupla haste até a profundidade de 0,50 m.

Devido à compactação excessiva, houve necessidade de se fazer uma subsolagem cruzada. Fez-se o plantio de espécies arbóreas, nativas da Mata Atlântica, na área em estudo. O elevado nível de compactação do solo foi determinado com o auxílio de um penetrógrafo, marca SoilControl, modelo SC-60,

onde foram comparadas as medições realizadas na área de estudo com a de outra área ao lado com plantio de eucalipto, a qual não apresentava sinais de degradação.

Verificou-se que na área experimental a haste do penetrógrafo não conseguiu penetrar o solo até o limite de 35 kg cm⁻², indicando alto nível de compactação. Na área adjacente verificou-se a elevação da compactação do solo na linha de plantio com eucalipto apenas em profundidades maiores que 0,45 m. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, em parcelas de 384 m². Os tratamentos foram compostos por seis doses de lodo de esgoto: 0, 2,5, 5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹, mais um tratamento que recebeu adubação mineral utilizada pela empresa. Devido ao baixo teor de K no lodo de esgoto, foi realizada a complementação com o nutriente na forma de KCl (26 kg ha⁻¹ de K₂O), em todas as parcelas que receberam o resíduo – mesma quantidade fornecida pelo adubo mineral. O tratamento com adubação mineral, utilizado pela empresa, foi: 260 kg ha⁻¹ da fórmula 6-30-10 + 0,3 % B no plantio, em área total, totalizando 156 g da fórmula por cova, ou seja, 9,36 g de N, 20,43 g de P e 12,94 g de K.

Foi adicionado 1,0 kg ha⁻¹ de Zn (3 g de sulfato de zinco por cova), conforme análise de solo e recomendação de Gonçalves et al. (1996). Os adubos químicos utilizados na fórmula foram: sulfato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio e ácido bórico. Com base na análise de solo e nas recomendações de adubação e calagem para espécies nativas da Mata Atlântica sugeridas por Gonçalves et al. (1996), aplicou-se 1,089 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT = 90,95 %) no tratamento que recebeu adubação mineral.

O lodo de esgoto utilizado foi proveniente da estação de tratamento de esgoto da cidade de Jundiaí-SP, que utiliza o processo de lagoas aeradas de mistura completa, seguida de lagoa de decantação, para sua higienização.

No quadro foi realizado um comparativo dos autores que incorporaram o lodo de esgoto em plantio de gramas em porções diferentes.

Quadro 2 – Comparação de testes bibliográficos.

Autor	Ano	método	Resultados dos testes
BACKES	2010	<p>O experimento foi iniciado aos 60 dias após o corte do tapete anterior. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco repetições e 12 tratamentos. Os tratamentos foram definidos por cinco doses de lodo de esgoto compostado (0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹, base seca), uma dose de adubo inorgânico e duas formas de aplicação.</p>	<p>Doses de lodo de esgoto entre 20 e 30 Mg ha⁻¹ são mais interessantes, pois reduzem a quantidade de aparas acumuladas e promovem bom desenvolvimento dos rizomas mais estolões e raízes, permitindo a formação de tapetes com maior resistência.</p>
Sampaio	2011	<p>Devido à compactação excessiva, houve necessidade de se fazer uma subsolagem cruzada. Fez-se o plantio de espécies arbóreas, nativas da Mata Atlântica, na área em estudo, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, os tratamentos foram compostos por seis doses de lodo de esgoto: 0, 2,5, 5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹, mais um tratamento que recebeu adubação mineral utilizada pela empresa.</p>	<p>A aplicação de 15 a 20 t ha⁻¹ lodo de esgoto no solo proporcionou a formação de agregados até 12 meses após a aplicação. 2. As porosidades do solo foram aumentadas com aplicação de 20 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, aos seis meses após a aplicação; aos 12 meses da aplicação, houve aumento apenas da microporosidade.</p>

Fonte: Créditos dos autores – 2017

5 CONCLUSÃO

Com o objetivo inicial, de demonstrar a potencialidade do lodo de esgoto como fertilizante e condicionante empregando em recuperação de solos e em plantação de gramas, foi possível constatar que a utilização do biossólido na cultura da grama promoveu maior taxa de cobertura do solo quanto maior foi a dose.

Para as doses de 30 e 40 Mg ha⁻¹ 100% dos tapetes cortados apresentaram-se inteiros, sem danos e com ótimas características de comercialização.

Com isso, o lodo de esgoto se mostra - se viável por se tratar de um resíduo com poucas utilidades finais e, além de aumentar certas resistências mecânicas, o uso deste material, melhora problemas ecológicos relacionados à sua destinação final.

Com tudo o que foi demonstrado esse trabalho pretende-se auxiliar em pesquisas futuras onde o uso de matéria – prima seja mais explorado, reduzindo assim os impactos ambientais nos dias atuais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. p74.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006**: solubilização de resíduos. Rio de Janeiro, 1987. p2.

ANGLE, J. S. 1994. **Sewage sludge compost for establishment and maintenance of turfgrass**. p. 45–51. In A.R. Leslie (ed) Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals. Lewis Publ., Boca Raton, FL.

ANDREOLI, C.V. et al. **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: Abes, 2006. 417 p.

BACKES, C. *et al.* Doses de lodo de esgoto compostado em produção de tapetes de grama esmeralda imperial. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1402-1414, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. Agenda 21 brasileira: resultado da consulta nacional. Brasília: Governo Federal, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Logística reversa. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e seu regulamento, Decreto Nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010.

BOEIRA, R.C. Uso do lodo de esgoto como fertilizante orgânico: disponibilização de nitrogênio em solo tropical. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2004. 3p. (Comunicado Técnico, 12)

BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; MAXIMILIANO, V. C. B. Emissão de C-CO₂ em amostras de latossolo tratadas com lodos de esgoto. Embrapa meio ambiente - **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, Jaguariúna-SP n. 53, 20p., 2009.

CARVALHO, F. G.; JABLONSKI, A., TEIXEIRA, E. C. **Estudo das partículas totais em suspensão e metais associados em áreas urbanas**. Química Nova, v. 23, p.614-617, 2000.

CAMARGO, O. A; PIRES, A. M. M; BETIOL, W. **Uso de resíduo de esgoto como adubo exige cuidado com contaminantes: Lodo na agricultura**. Revista Ciência Hoje, v.42, n. 248, p 68-70, 2008.

CANZIANI, J.R.F. et al. Análise econômica para reciclagem agrícola do lodo de esgoto da ETE-Belém. **Sanare Rev. Técnica da Sanepar. Curitiba/PR: 1999**.

DAMASCENO, S; CAMPOS, J. R. Caracterização de lodo de estação de tratamento de esgotos sanitários para uso agrícola. Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, AIDIS. **Gestión ambiental em el siglo XXI**. Lima, APIS, 1998.

DI BERNARDO, L. **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta**. Rio de Janeiro: ABES, Ed. RiMa,. Projeto PROSAB, 491p., 2003.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –**Embrapa Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informações,. 61p.,1999

FAUSTINO, R.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 278-282, 2005.

FARIA, C. **Digestão anaeróbia**. Disponível em:
< <http://www.infoescola.com/ecologia/digestao-anaerobica/>>. Acesso em: 15 de nov. 2017.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GODOY, L.J.G. **Adubação nitrogenada para produção de tapetes de grama santo agostinho e esmeralda**. 2005, 106f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, SP.

GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L. Nutrição e adubação para gramados. In: SIGRA – Simpósio sobre Gramados. 2003, Botucatu, SP. Produção Implantação e Manutenção: **Anais...** Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade estadual Paulista, 2003. 1 CD-ROM.

GODOY, L. C. **A logística na destinação do lodo de esgoto**. Revista Científica On-line, São Paulo, v.2, n.1, p.12, 2013. Disponível em: < <http://migre.me/qmam6>> Acesso em: 14 nov. 2017.

GUEDES, M. C. **Ciclagem de nutrientes após aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre latossolo cultivado com *Eucalyptus grandis***. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura —Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 154p., 2005.

GUEDES, M. C.; POGGIANI, F. Variação dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com biossólido. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 188-201, 2003.

LIRA, A. C. S.; GUEDES, M. C.; SCHALCH, V. Reciclagem de lodo de esgoto em plantação de eucalipto: Carbono e nitrogênio. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 207-216, 2008.

MORAIS, S. M. de J.; ATAIDES, P. R. V.; GARCIA, D. C.; KURTZ, F. C.; OLIVEIRA, O. S.; WATZLAWICK, L. F. Uso do lodo de esgoto da Corsan, Santa Maria (RS), comparada com outros substratos orgânicos. **Sanare**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 44-49, 1997.

NOGUEIRA, T.A.R. et al. Cádmiu, cromo, chumbo e zinco em plantas de milho e em latossolo após nove aplicações anuais de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 195-207, 2008.

NUVOLARI, A. et al. **Esgoto sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2011. 565p.

NUCCI, N.L.R.; COSTA e SILVA, R.J.; ARAÚJO, J.L.B. **Tratamento de esgotos municipais por disposição no solo e sua aplicabilidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima - Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal, 1978. 70p.

PEDROZA, M.M. et al. **Produção e tratamento de lodo de esgoto** – uma revisão. Revista Liberato. v.11, n.16, p. 89-188, jul/dez. 2010.

PEREIRA, K.L.A. **Estabilização de um solo com cimento e cinza de lodo para uso em pavimentos**. 2012. 102f.

RESENDE, E.L. **Canal de Distribuição Reverso na Reciclagem de Pneus: Estudo de Caso**. 2004. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial/Rio de Janeiro/2004.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná: **Manual Técnico para Utilização Agrícola do lodo de esgoto no Paraná**, Curitiba, PR, 1997. 96p

SANTOS, A.D.; JOHN, V.M. **Reciclagem do lodo de esgoto da região metropolitana de São Paulo** – RMSP. São Paulo: EPUSP, 2007. 19f. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil). USP/São Paulo/SP/2007.

TSUTIYA, M. T. et al. **Biossólidos na Agricultura**. 1ª Ed., SABESP, São Paulo, 468p., 2001.

VON SPERLING, M. Lodo de esgotos: **tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 484p.