

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SUL DE MINAS GERAIS – CAMPUS
MUZAMBINHO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CAFEICULTURA**

EWERTON MACEDO FREIRE

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO LODO DE ESGOTO NA
CULTURA DO CAFEIEIRO**

Muzambinho

2009

EWERTON MACEDO FREIRE

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO LODO DE ESGOTO NA
CULTURA DO CAFEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Cafeicultura, do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Cafeicultura.

Orientador: Prof. Dr. Virgílio Anastácio da Silva

Muzambinho

2009

COMISSÃO EXAMINADORA

Muzambinho, ____ de _____ 20 ____.

Dedico ao meu avô, um grande homem.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, pois foi ele quem criou tudo, à Nossa Senhora Aparecida, pois ela que é Mãe e sabe das dificuldades de um filho.

Aos meus pais que me educaram e me ajudaram nesta oportunidade, pois sou fruto de todo amor e carinho e educação que eles me deram.

Aos meus amigos que me apoiaram, ajudaram e me compreenderam nos momentos difíceis e de estresse e nas grandes alegrias.

Aos meus orientadores e professores que me ajudaram.

Agradeço também àqueles que me criticaram (críticas construtivas) e àqueles que fizeram críticas destrutivas, pois aprendi muito com isso; como não me tornar esse tipo de pessoa.

Agradecimento especial a Prof.^a Alessandra que além de ter sido minha Professora foi também uma amiga, que me ensinou muito e aos meus amigos da minha republica.

FREIRE, Ewerton Macedo. 2009. 33f. Trabalho de Conclusão do Curso Superior em Tecnologia em Cafeicultura (Monografia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Muzambinho, MG, 2009.

RESUMO

O Brasil é o maior produtor de café do mundo e esse tem um grande papel na economia nacional, no entanto o cafeicultor brasileiro vem notando a cada ano sua lucratividade diminuir devido ao alto custo dos insumos utilizados. Com esse intuito, o presente trabalho teve por objetivo comparar os custos da adubação convencional e com lodo de esgoto, concluindo que a adubação com biossólido além de substituir parcial ou completa a adubação química oferece certa economia ao produtor.

Palavras-chaves: café, adubação convencional, lodo de esgoto.

FREIRE, Ewerton Macedo. FREIRE, Ewerton Macedo. Study of the technical and economic viability of sewerage mud in the coffee tree culture. 2009 33f. Technology in Coffee-growing Thesis. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Muzambinho, MG, 2009.

ABSTRACT

Brazil and the largest producer of coffee in the world and that have a big role in the national economy, however the Brazilian coffee grower has noticed every year its profits decline due to the high cost of inputs used. To that end, this study was to compare the costs of conventional fertilizer and sewage sludge and concluded that fertilization with biosolids addition to a partial or complete chemical fertilization offers some savings to the producer.

Keywords: coffee, conventional fertilization, sewage sludge.

LISTA DE SIGLAS

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná

PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico,

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

UFLA – Universidade Federal de Lavras

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CNA – Confederação Nacional de Agricultura e Pecuária

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

Muzambinho.....	2
<u>ABSTRACT.....</u>	<u>7</u>
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 Justificativa	13
3 Objetivos.....	14
3.1 Objetivo Geral.....	14
3.2- Objetivo específico:	14
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
4.1-Relação custo benefício de uma saca de café.....	15
4.2 Definição do lodo de esgoto	15
4.3 Fases de apresentação do lodo	16
4.3.2 Lodo Digerido.....	17
4.4 Caracterização física do lodo	18
4.5 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N).....	18
4.6 Destino do lodo de esgoto	19
4.7 A legislação.....	19
4.8 Utilização do lodo de esgoto na cafeicultura	23
4.9 Patógenos	24
4.10 Metais pesados	25
4.11 Custo do lodo.....	26
5. METODOLOGIA	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

O café está entre as principais commodities agrícolas do mundo. Sendo o Brasil o detentor do posto de maior produtor mundial, movimentou na balança comercial do país nos meses de jan/abr de 2009 o equivalente a US\$ 3.313.037 segundo a Secex (2009). Atualmente, o mercado de café é o segundo maior mercado mundial de produtos naturais perdendo apenas para o petróleo segundo o site da ADVN em 2009. Segundo Carlos Melles, Presidente da Frente Parlamentar do Café, da Cooparaíso e presidente de honra, do Conselho Nacional do Café, afirmou que este gera mais de 8 milhões de empregos além de ser o segundo maior mercado consumidor de café (Mesquita & Masson, 2007).

A cada ano que passa o cafeicultor viu sua lucratividade diminuir, sendo um dos motivos a alta dos custos dos tratamentos culturais e principalmente dos insumos agrícolas. De acordo com a CNA, em 2008 o agricultor brasileiro pagou em média 20,22% a mais para plantar, dos quais os fertilizantes foram responsáveis por uma variação de 6,66 a 8,29% ocorrido entre os meses de maio a julho de 2008 (SANTOS, 2008).

No ano de 2007 era necessário 3,0 sacas de café 60kg para se obter uma tonelada de fertilizante, no ano de 2009 nos meses de janeiro a julho era preciso 4,2 sacas de café para a mesma quantidade e o que mostra a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA).

Esta situação também foi observada por Bliska et al. (2009), quando elaborou os custos de produção e constatou que a média dos custos em insumos agrícolas na região do Sul de Minas Gerais corresponde à aproximadamente 37,12% do custo total de uma saca de café.

Tendo consciência da importância da cafeicultura para o país, meios alternativos e que visem baixar os custos de produção vem sendo discutidos e pesquisados, já que 75% dos fertilizantes antes utilizados no Brasil são importados deixando o agricultor vulnerável às oscilações de preços e do câmbio (VICTOR MARTINS, 2010).

Por estes motivos a utilização do lodo de esgoto seria uma saída para diminuir os riscos que o cafeicultor sofre com as oscilações de preço dos insumos.

O lodo de esgoto é um resíduo das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) que deve ser descartado ou pode ser reaproveitado, porém, para ambos os

processos o lodo deve passar por tratamentos que baixem seu nível de contaminação (patógenos) e de metais pesados. Se conduzidos desta forma este resíduo pode ser aproveitado, uma vez que é rico em matéria orgânica e nutriente. Aproveitar o lodo de esgoto desta maneira é uma forma de reciclagem e ajuda tanto o cafeicultor, as ETEs e o meio ambiente já que daria a este resíduo um fim sustentável e ambientalmente correto.

Apesar de muitas cidades brasileiras possuírem o tratamento de esgoto são poucas as que possuem o tratamento de seus resíduos e muitas acabam descartando estes de forma inadequada. Entre as cidades que possuem sistema de tratamento de esgoto e de seus resíduos de forma adequada para o uso na agricultura, está a cidade de Franca (SP) distante de Piumhi (MG) em 198 km. A ETE de Franca poderá suprir os cafeicultores de Piumhi que se interessam na utilização deste resíduo em substituição parcial dos insumos químicos.

2 Justificativa

Devido ao alto custo dos insumos agrícolas, pelo fato do Brasil não ser auto suficiente na produção de fertilizantes, o lodo de esgoto é uma alternativa para a cafeicultura, diminuindo os custos com insumos e aumentando a sua rentabilidade.

3 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Realizar o levantamento bibliográfico sobre o lodo de esgoto e avaliar a possibilidade de uso em substituição parcial de fertilizantes para a cultura do cafeeiro.

3.2- Objetivo específico:

- Verificar dados publicados na literatura sobre o lodo de esgoto e fazer um comparativo com a adubação química;
- Estabelecer a relação custo/benefício da adubação com lodo de esgoto tratado pela Estação de Tratamento de Esgoto de Franca-SP, em um estudo de caso;

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1-Relação custo benefício de uma saca de café

De acordo com a Agência Safras o preço máximo pago pela saca de café tipo 6 bebida dura, até o dia 29 de outubro de 2009, foi de R\$ 270,00. Porém, o mercado cafeeiro não absorveu a alta dos custos de produção, diminuindo assim a rentabilidade do produtor.

Conforme estipulado pela Conab em 2009, (CONAB, 2009) e anunciado por Agronline (2009), o preço mínimo para a *saca de 60kg do café arábica é de R\$ 261,69*.

Porém estudos feitos por Melo et. al. 2009 encontraram os custos de produção para a saca de 60kg de café beneficiado no ano de 2009 nas seguintes regiões: São Sebastião do Paraíso R\$276,00, Guaxupé R\$ 246,00, Carmo de Minas R\$330,00, Machado R\$ 250,00.

4.2 Definição do lodo de esgoto

Pode se definir esgoto como qualquer água que após a utilização humana tem suas características naturais alteradas. Há dois tipos de esgotos os domésticos e os industriais, sendo que esses últimos devem ser considerados casos específicos para cada empresa (Wikipedia, 2009 ;FERREIRA; ANDREOLI, 1999).

O lodo de esgoto ou biossólido é o resíduo sólido do tratamento de esgoto e representam de 1 a 2% do volume de esgoto tratado em uma ETE. De acordo com Damasceno (1998) apud Sewage, 1989, o biossólido apresenta-se tipicamente com 98% de água e dos sólidos contidos, 70 a 80% são matéria orgânica, incluindo óleos e graxas. Em complemento, Bezerra et al. (2004), acrescenta que o acúmulo de sólidos suspensos é composto por fezes, resíduos de alimentos e produtos de limpeza os quais são digeridos pela proliferação dos microorganismos.

O lodo de esgoto, depois de ser submetido a processos estipulados pela CONAMA (2006), pode ser comercializado e utilizado na agricultura, uma vez que é rico em nutrientes e minerais tais como: fósforo, potássio, sódio, nitrogênio e outros. No entanto, possui uma porcentagem de metais pesados, como por exemplo: chumbo, níquel e alumínio. Suas composições segundo os dados apresentados na Tabela 1 podem variar de um ano para outro, uma vez que o esgoto varia em

questão das indústrias que a cidade possui e de outros diversos fatores como a localização geográfica.

A cidade de Franca-SP é a mais próxima de Piumhi-MG que possui o tratamento de lodo de esgoto voltado para a agricultura, sendo a distancia entre ambas de 198 Km . A ETE de Franca tem capacidade de produção de 699,00 m³ de lodo seco por mês (SANTOS, 2008).

Quadro 1. Composição média do lodo de esgoto com base na matéria seca..

Parâmetro	Unidade	Ano	
		2001	2002
Fósforo	g Kg ⁻¹	6,6	7,2
Potássio	g Kg ⁻¹	1,5	1,0
Sódio	g Kg ⁻¹	0,9	1,7
Cromo total	mg Kg ⁻¹	149,3	188,5
Arsênio	mg Kg ⁻¹	<0,1	<0,01
Cádmio	mg Kg ⁻¹	5,8	6,6
Chumbo	mg Kg ⁻¹	283,1	206,6
Cobre	mg Kg ⁻¹	284,1	864,8
Mercúrio	mg Kg ⁻¹	<0,1	<0,01
Molibdênio	mg Kg ⁻¹	<0,1	<0,01
Níquel	mg Kg ⁻¹	41,8	35,5
Selênio	mg Kg ⁻¹	<0,1	<0,01
Zinco	mg Kg ⁻¹	1364,8	1738,1
Boro	mg Kg ⁻¹	12,3	11,7
Carbono orgânico	g Kg ⁻¹	325,4	298,5
Nitrogênio kjeldahl	g Kg ⁻¹	28,3	27,0
Enxofre	g Kg ⁻¹	26,1	26,8
Manganês	mg Kg ⁻¹	676,8	693,3
Ferro	mg Kg ⁻¹	26,0	24,1
Magnésio	g Kg ⁻¹	2,1	1,7
Alumínio	mg Kg ⁻¹	16,4	18,8
Cálcio	g Kg ⁻¹	12,3	9,8

Fonte: Maria et al. (2007).

Tendo em vista o potencial nutricional do lodo de esgoto de acordo com o quadro, a alta dos insumos e a baixa valorização do café citados anteriormente, percebe-se uma possível solução para estes problemas se passarmos a substituir os fertilizantes químicos pelo lodo de esgoto, além de dar um fim adequado e sustentável para este resíduo.

4.3 Fases de apresentação do lodo

A utilização do lodo é possível somente após o mesmo atingir o ponto de estabilização biológica a qual se apresenta-se em duas fases a saber:

4.3.1 Lodo Bruto

Proveniente do processo de tratamento primário das Estações de Tratamento, sendo obtido por sedimentação ou flotação, possui coloração acinzentada, é pegajoso, de odor ofensivo e facilmente fermentável (FERREIRA; ANDREOLI, 1999).

4.3.2 Lodo Digerido

É aquele que sofreu processo de estabilização biológica obtida por biodigestores anaeróbios ou aeróbios, com redução de sólidos suspensos voláteis (SSV) (mg/L) superior a 40% e se digerido anaerobicamente apresenta cor marrom escura. Quando bem digeridos, tanto o lodo aeróbio como o anaeróbio, não possuem odor ofensivo (FERREIRA; ANDREOLI, 1999).

Após a estabilização do lodo, o mesmo deve passar por um processo de compostagem na ETE ou na propriedade antes de ser aplicado na cultura. De acordo como trabalho realizado por Lopes *et al.* (2005) e Fernandes e Silva (1999), o lodo de esgoto sozinho não oferece condições para a sua compostagem, sendo necessário a utilização de resíduos estruturantes (qualquer resíduo orgânico que atenda as especificações da relação C/N) .

Esses resíduos estruturantes, têm a função de conferir integridade estrutural à mistura a ser compostada sendo que, no caso da compostagem do lodo, o agente estruturante também tem a função de absorver o excesso de umidade e equilibrar a relação C/N da mistura. Além disso, o resíduo estruturante fornece carbono para os microrganismos durante o processo de compostagem, alguns resíduos como as folhas trituradas e restos de legumes, apresentam grande fração de carbono disponível, enquanto os resíduos de serrarias, por exemplo, ricos em lignina, apresentam menor fração de carbono disponível aos microrganismos, segundo Lopes, *et al.* (2005). Pedacos com comprimento de 0,5 a 4,0 cm, são fundamentais para permitir, uma boa aeração e atividade dos organismos, a qual depende de umidade adequada sendo a indicada de 55 a 65% (FERREIRA; ANDREOLI, 1999; FERNANDES; SILVA, 1999).

A compostagem também tem como fim, a diminuição de patógenos no produto final, o que foi comprovado em experimentos realizados por Ferreira e

Andreoli (1999), nos quais constataram uma redução de 83% para os *Streptococos*, de 72,3% para os coliformes totais e de 99,8% para os coliformes fecais, havendo uma redução média na população de microorganismos de 95%.

4.4 Caracterização física do lodo

A granulometria do lodo de esgoto é muito fina, o que dificulta o processo de compostagem. Se for utilizado apenas esse material, ele fatalmente apresentará problemas relativos à aeração devido à falta de espaços intersticiais entre as estruturas, assim sendo, torna-se necessário adicionar resíduos de maior granulometria, conferindo maior porosidade à mistura o que possibilita a compostagem (LOPES *et. al.*, 2005).

Em pesquisas realizadas por Silva et al. (2004), Ferreira e Andreoli (1999), obteve-se bons resultados quando misturou-se resíduos por exemplo, restos vegetais, que ofereceram uma porosidade de 30 a 36% e com tamanhos de partículas que variavam de 25 a 75 μ m.

4.5 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)

O lodo é um resíduo rico em nitrogênio (N), apresentando relação C/N variando de 5,0 a 11,0. Portanto, necessita de um resíduo complementar rico em carbono (C) e pobre em nitrogênio, para que a mistura, apresente uma relação C/N em torno de 20 a 30. Na realidade, constata-se que ela pode variar de 20 a 70 de acordo com a maior ou menor biodegradabilidade do substrato. Tanto a falta de nitrogênio quanto a de carbono limita a atividade microbológica, de tal modo que se a relação C/N for muito baixa pode ocorrer grande perda de nitrogênio pela volatilização da amônia; se a relação C/N for muito elevada os microrganismos não encontrarão N suficiente para a síntese de proteínas e terão seu desenvolvimento limitado, situações que conduzem a um lento processo de compostagem.

Independentemente da relação C/N inicial, no final da compostagem a relação C/N converge para um mesmo valor, entre 10 a 20, devido às perdas maiores de carbono do que de nitrogênio no desenvolvimento do processo. (FERREIRA; ANDREOLI, 1999; FERNANDES, SILVA, 1999).

4.6 Destino do lodo de esgoto

Em sua grande maioria, conforme Ceolato (2007), o lodo de esgoto acaba destinado a aterros sanitários, aterrados em área, próxima à ETE, acumulados em lagoas de lodo e posteriormente dispostos em áreas agrícolas de maneira aleatória. Com o decorrer do tempo de operação das ETEs e com o aumento da geração de lodo, soluções de longo prazo e mais adequadas a esse tipo de resíduo devem ser o foco dos técnicos e das autoridades envolvidas com o controle do meio ambiente. Apenas 76% das cidades brasileiras possuem aterros sanitários, os quais não são adequados para deposição de tal resíduo, sendo que em Minas Gerais, apenas 228 municípios possuem aterro controlado e 531 possuem o lixão (FEAM, 2006).

4.7 A legislação

A Resolução Conama Nº 359, 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.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º, inciso II e 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando que a produção de lodos de esgoto é uma característica intrínseca dos processos de tratamento de esgotos e tende a um crescimento no mínimo proporcional ao crescimento da população humana e a solução para sua disposição é medida que se impõe com urgência;

Considerando que os lodos de esgoto correspondem a uma fonte potencial de riscos à saúde pública e ao ambiente e potencializam a proliferação de vetores de moléstias e organismos nocivos;

Considerando que devido a fatores naturais e acidentais os lodos de esgotos são resíduos que podem conter metais pesados, compostos orgânicos persistentes e patógenos em concentrações nocivas à saúde e ao meio ambiente;

Considerando a necessidade de dispor os lodos de esgoto provenientes das estações de tratamento de esgoto sanitário de forma adequada à proteção do meio ambiente e da saúde da população.

Considerando que o lodo de esgoto sanitário constitui fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas e que sua aplicação no solo pode trazer benefícios à agricultura;

Considerando que o lodo de esgoto é um resíduo que pode conter elementos químicos e patógenos danosos à saúde e ao meio ambiente;

Considerando que o uso agrícola do lodo de esgoto é uma alternativa que apresenta vantagens ambientais quando comparado a outras práticas de destinação final; e

Considerando que a aplicação do lodo de esgoto na agricultura se enquadra nos princípios de reutilização de resíduos de forma ambientalmente adequada, resolve:

SEÇÃO I

DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º - Esta Resolução estabelece critérios e procedimentos para o uso, em áreas agrícolas, de lodo de esgoto gerado em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, visando benefícios à agricultura e evitando riscos à saúde pública e ao ambiente.

Parágrafo único - Para a produção, compra, venda, cessão, empréstimo ou permuta do lodo de esgoto e seus produtos derivados, além do previsto nesta Resolução, deverá ser observado o disposto no Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamenta a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura.

Art. 2º - Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - Agentes patogênicos: bactérias, protozoários, fungos, vírus, helmintos, capazes de provocar doenças ao hospedeiro;

II - Aplicação no solo: ação de aplicar o lodo de esgoto sanitário ou produto derivado uniformemente:

- a) Sobre a superfície do terreno (seguida ou não de incorporação);
- b) Em sulcos;
- c) Em covas;
- d) Por injeção subsuperficial;

III - Áreas agrícolas: áreas destinadas à produção agrícola e silvicultura;

IV - Áreas de aplicação do lodo de esgoto: áreas agrícolas em que o lodo de esgoto ou produto derivado é aplicado;

V - Atratividade de vetores: característica do lodo de esgoto ou produto derivado, não tratado ou tratado inadequadamente, de atrair roedores, insetos ou outros vetores de agentes patogênicos;

VI - Carga acumulada teórica de uma substância inorgânica:

a) Somatório das cargas aplicadas;

b) Somatório (taxa de aplicação X concentração da substância inorgânica no lodo de esgoto ou produto derivado aplicado);

VII - Concentração de microrganismos: número de microrganismos presentes no lodo de esgoto ou produto derivado por unidade de massa dos sólidos totais (base seca);

VIII - Esgoto sanitário: despejo líquido constituído de esgotos predominantemente domésticos, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária;

IX - Estabilização: processo que leva os lodos de esgoto destinados para o uso agrícola a não apresentarem potencial de geração de odores e de atratividade de vetores, mesmo quando reumidificados;

X - Estação de Tratamento de Esgotos - ETE: estrutura de propriedade pública ou privada utilizada para o tratamento de esgoto sanitário;

XI - Fração de mineralização do nitrogênio do lodo de esgoto ou produto derivado: fração do nitrogênio total nos lodos de esgoto ou produto derivado, que, por meio do processo de mineralização, será transformada em nitrogênio inorgânico disponível para as plantas;

XII - Lodo de esgoto: resíduo gerado nos processos de tratamento de esgoto sanitário;

XIII - Lodo de esgoto ou produto derivado estabilizado: lodo de esgoto ou produto derivado que não apresenta potencial de geração de odores e atração de vetores de acordo com os níveis estabelecidos nesta norma;

XIV - Lodo de esgoto ou produto derivado higienizado: lodo de esgoto ou produto derivado submetido a processo de tratamento de redução de patógenos de acordo com os níveis estabelecidos nesta norma;

XV - Lote de lodo de esgoto ou produto derivado: quantidade de lodo de esgoto ou produto derivado destinado para uso agrícola, gerada por uma Estação de Tratamento de Esgoto - ETE ou Unidade de Gerenciamento de Lodo - UGL no período compreendido entre duas amostragens subseqüentes, caracterizada físico-química e microbiologicamente;

XVI - Manipulador: pessoa física ou jurídica que se dedique à atividade de aplicação, manipulação ou armazenagem de lodo de esgoto ou produto derivado;

XVII - Parcela: área homogênea, definida para fins de monitoramento, com base nos critérios definidos no Anexo IV desta Resolução;

XVIII - Produto derivado: produto destinado a uso agrícola que contenha lodo de esgoto em sua composição;

XIX - Projeto agrônômico: projeto elaborado por profissional habilitado visando a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado em determinada área agrícola, observando os critérios e procedimentos estabelecidos nesta Resolução;

XX - Taxa de aplicação: quantidade de lodo de esgoto ou produto derivado aplicada em toneladas (base seca) por hectare, calculada com base nos critérios definidos nesta Resolução;

XXI - Transportador de lodo de esgoto: pessoa física ou jurídica que se dedique à movimentação de lodo de esgoto ou produto derivado, da ETE à UGL e desta às áreas de aplicação agrícola, mediante veículo apropriado ou tubulação; e

XXII - Unidade de Gerenciamento de Lodo - UGL: unidade responsável pelo recebimento, processamento, caracterização, transporte, destinação do lodo de esgoto produzido por uma ou mais estações de tratamento de esgoto sanitário e monitoramento dos efeitos ambientais, agrônômicos e sanitários de sua aplicação em área agrícola.

Art. 3º - Os lodos gerados em sistemas de tratamento de esgoto, para terem aplicação agrícola, deverão ser submetidos a processo de redução de patógenos e da atratividade de vetores, de acordo com o Anexo I desta Resolução.

§ 1º - Esta Resolução não se aplica a lodo de estação de tratamento de efluentes de processos industriais.

§ 2º - Esta Resolução veta a utilização agrícola de:

I - Lodo de estação de tratamento de efluentes de instalações hospitalares;

II - Lodo de estação de tratamento de efluentes de portos e aeroportos;

III - Resíduos de gradeamento;

IV - Resíduos de desarenador;

V - Material lipídico sobrenadante de decantadores primários, das caixas de gordura e dos reatores anaeróbicos;

VI - Lodos provenientes de sistema de tratamento individual, coletados por veículos, antes de seu tratamento por uma estação de tratamento de esgoto;

VII - Lodo de esgoto não estabilizado; e

VIII - Lodos classificados como perigosos de acordo com as normas brasileiras vigentes.

Art. 4º - Os lotes de lodo de esgoto e de produtos derivados, para o uso agrícola, devem respeitar os limites estabelecidos.

Parágrafo único - Não poderão ser misturados lodos de esgoto que não atendam as características definidas.

Art. 5º - Para o uso de lodo de esgoto como componente de produtos derivados destinados para uso agrícola, o lote deverá atender aos limites para as substâncias potencialmente tóxicas.

Art. 6º - É proibida a importação de lodo de esgoto ou produto derivado.

Art. 7º - A caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado a ser aplicado deve incluir os seguintes aspectos:

- I - Potencial agronômico;
- II - Substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas;
- III - Indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos; e
- IV - Estabilidade.

Após o lodo passar pelos processos de estabilização exigidos pela Conama para reduzir o nível de contaminação nele disponível ele será analisado e dependendo deste resultado poderá ser enquadrado em 2 tipos de lodo os de classe “A” que possuem uma menor índice de contaminação de patógenos conforme está expresso no Quadro 2 os de “B” ficam definidos o uso conforme a lei “Art. 14. A utilização do lodo de esgoto ou produto derivado enquadrado como Classe B é restrita ao cultivo de café, silvicultura, culturas para produção de fibras e óleos, com a aplicação mecanizada, em sulcos ou covas, seguida de incorporação, devem ser respeitadas as restrições previstas no art. 15 e no inciso XI, do art. 18 da RESOLUÇÃO CONAMA nº 375 de 2006.”

Está definido pela lei também que para qualquer uso de lodo de esgoto ou produto derivado é necessário um projeto agronômico que destaque a aptidão e o monitoramento das áreas aptas.

4.8 Utilização do lodo de esgoto na cafeicultura

De acordo com o CONAMA (2006), é permitido a cultura do cafeeiro a utilização do lodo de esgoto, desde que se respeite o limite de uma aplicação máxima anual de produtos derivados, em toneladas por hectare. Essa quantidade não deverá exceder o quociente entre a quantidade de nitrogênio recomendada para

a cultura (em kg/ha), segundo a recomendação agrônômica oficial (5ª Aproximação, 1999) e o teor de nitrogênio disponível no lodo de esgoto ou produto derivado.

A média do Nitrogênio (N) em lodo de esgoto de acordo com a CONAMA (2006) é a seguinte: “*para lodo não digerido 40%; digerido aerobicamente 30%; digerido anaerobiamente 20% e lodo compostado é de 10%*”. No caso da cultura em questão, a dose recomendada de N máxima de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais é de 450kg por hectare, ou seja, a dose correspondente aos 10% permitidos pelo Conama é de 4,5 ton/ha.

4.9 Patógenos

O conhecimento dos agentes patogênicos e da sua viabilidade permite avaliar o potencial de risco de infecção a que o homem e outros animais estão expostos (LOPES *et al.*, 2005).

Embora as perspectivas sobre a segurança biológica do uso do lodo no solo sejam positivas, a análise aprofundada dos níveis de contaminação do lodo, dos processos de desinfecção do mesmo e dos componentes no solo, especialmente em relação aos ovos de helmintos, não podem ser negligenciada, pois são estes que apresentam maior tempo de sobrevivência no solo e são os mais resistentes aos processos de desinfecção (LOPES *et al.*, 2005).

Quadro 2. Concentração máxima de patógenos em número mais provável “NMP”, permitida no lodo de esgoto em produtos derivados em sólidos totais “ST”, conforme CONAMA (2006).

Tipo de lodo ou produto derivado	Concentração de patógenos
A	Coliformes Termotolerantes <10 ³ NMP/ g de ST Ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovos / g de ST Salmonella ausência em 10g de ST Vírus < 0,25 UFP ou UFF / g de ST

B	Coliformes Termotolerantes <10 ⁶ NMP/ g de ST Ovos viáveis de helmintos< 10 ovos / g de ST
---	--

Legenda: UFF:Unidade Formadora de Foco, UFP:Unidade Formadora de Placa

4.10 Metais pesados

A maior preocupação da humanidade em relação ao lodo de esgoto são os metais pesados. Esses podem contaminar o solo e conseqüentemente podendo haver a contaminação do lençol freático e das plantas. Isso leva a uma intensa investigação sobre a complicação e a precipitação de metais pesados no solo, visando minimizar a sua movimentação através do perfil (MARIA et al., 2007; BEZERRA et al., 2004).

Diversos trabalhos têm mostrado que, apesar do uso de altas dosagens de lodo de esgoto, os metais pesados nele existentes, não caminharam no perfil do solo e também não foram facilmente absorvidos pelas plantas. Essas constatações foram obtidas em trabalhos realizados com as culturas do milho, café e eucalipto, os quais mostraram que os metais absorvidos pelas plantas estavam dentro de parâmetros aceitáveis pela vigilância e pelos órgãos sanitários (TAMANINI et al., 2005 e RANGEL et al., 2006).

Um dos motivos é dado pela compostagem, explica Lopes *et al.*, (2005) e Bezerra et al. (2004), os quais postulam que, na compostagem ocorre, a formação de húmus ao qual, partículas de metais pesados ficam fortemente ligadas, impedindo que as mesmas sejam absorvidas pela plantas (RANGEL *et al.*, 2006). Esses autores estudaram a cultura do milho e observaram que, mesmo em altas concentrações de lodo de esgoto, os níveis de metais pesados na cultura não ofereceram nenhum risco a saúde humana, apresentando níveis aceitáveis pela lei.

Na Quadro 3 estão apresentados os valores aceitáveis pelo CONAMA, para os metais pesados.

Quadro 3. Quadro 2. Cargas acumuladas teóricas permitidas de substâncias inorgânicas pela aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado em solos agrícolas.

Substancias	Carga teórica permitida (kg/ha)
Arsênio	30
Bário	265
Cádmio	4
Chumbo	41
Cobre	137
Cromo	154
Mercurio	1,2
Molibdênio	13
Níquel	74
Selênio	13
Zinco	445

Fonte: CONAMA, 2006

4.11 Custo do lodo

De acordo com Duarte et al., (2008) na SABESP, o valor médio de venda é de R\$ 150,00 por tonelada, o qual será considerado no presente estudo. Entretanto em conversa informal foi informado que algumas ETEs disponibilizam o lodo gratuitamente.

5. METODOLOGIA

O presente trabalho realizou um levantamento bibliográfico sobre o lodo de esgoto e entrevistas com diferentes segmentos para subsidiar o cálculo do custo, da substituição parcial dos fertilizantes pelo lodo de esgoto.

Foi realizada uma entrevista com um cafeicultor, onde foi verificado a quantidade de insumos gastos com a adubação efetuada no ano de 2008 em um de seus talhões de café cuja área é de 21 há.

Para o cálculo do custo do frete, considerou-se a distância entre o município de Piumhi (MG) e a ETE de Franca (SP), num total de 198 Km.

O valor do frete considerou a tomada de preços realizada com os caminhoneiros, considerando o transporte de 14 toneladas por viagem e o custo de R\$ 1.70,00 por Km rodado.

Os valores nutricionais de referência do lodo de esgoto para comparação com os valores nutricionais da adubação química se encontram na tabela2.

Tabela 1. Composição química média do lodo de esgoto utilizado para a base de cálculo nutricional.

N	Co	NH ₄	NO ₃	P	K	S	Ca	Mg	Na	Al
g Kg ⁻¹										
54,8	329,6	15,0	0,68	8,32	8,97	5,58	95,73	9,79	7,17	1,65
As	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg	Mo	Ni	Se	Zn	B
mg Kg ⁻¹										
<0,01	1,92	23,20	394	14,15	<0,01	<0,01	17,87	<0,01	494	12,67

Fonte: Ceolato, 2007

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a entrevista realizada, constatou-se que o produtor utilizou os produtos 20-00-20, YOORIN MÁSTER® 1 (17,5% de Fósforo, 18% de cálcio, 7% magnésio, 0,1% de borro, 0,05 de cobre, 0,25% manganês, 10% silício, 0,55% de zinco) mais NITROFOS KA® via foliar. No total aplicou-se no solo uma quantidade de 5 toneladas de N; 5 toneladas de Potássio; 1,31 de Fósforo; 0,011 de Mn; 0 de S; 0,135 de Ca; 0,052 de Mg, mais o complemento foliar em uma área de 21ha que apresenta uma produtividade média de 30 sacos por hectare.

O produtor gastou em insumos o equivalente a R\$ 33.054, 03 considerando os valores de R\$1000,00 a tonelada do adubo formulado 20-00-20; R\$ 941,00 a tonelada do YOORIN MÁSTER® e R\$205,65 o galão com 50 litros de NITROFÓS KA®. A adubação realizada pelo produtor está disposto na tabela 2.

Tabela 2. Adubação realizada pelo produtor.

Adubo	Quantidade	Custo
Formulado 20-00-20	25 Toneladas	R\$ 25.000,00
YORIN	7,51 Toneladas	R\$ 7.066,91
NITROFÓS	240 Litros	R\$ 987,12
Total		R\$ 33.054, 03

Comparando os valores nutricionais do lodo e dos insumos agrícolas verificou se que houve ganho em relação a quantidade de nutrientes disponibilizados para a planta assim como ganho econômico já que pode se fazer a mesma adubação nitrogenada com uma menor quantidade de recursos (Tabela 3).

Tabela 3. Valor econômico e nutricional de ambas as adubação para 21 ha de cafeeiro.

Nutrientes	Adubação convencional /t	Adubação com lodo	Diferença entre adubação c/ lodo, em relação adubação convencional / Kg
N	5	5	0,0
P	1,31	0,76	-550
K	5	0,820	- 4,180
Mn	0,011	0	-11
S	0	0,510	510
Zinco	0,0412	0	-41,2
Cobre	0,00375	0	-3,75
B	0,0075	0	-7,5
Ca	1,35	8,756	7,4
Mg	0,52	0,890	370

De acordo com os cálculos, foram utilizados 91 toneladas de lodo de esgoto que poderia chegar até 172,44 toneladas, conforme o limite máximo permitido pela legislação em 21ha, sendo que o valor de R\$ 13.650,00 é apenas o preço do biossólido, não estando incluído o custo do frete, o qual é de R\$ 1,70 por km rodado.

Tabela 4. Estimativa dos Custos com adubação convencional e com lodo de esgoto

	Transporte	Valor do Adubo	Complementos (00-46-00) e K ₂ O	Total
Lodo	R\$ 4.420,00	R\$ 13.650,00	R\$ 991,85 e 6.880,50	R\$ 25.942,35
Convencional	R\$ 0,00	R\$ 33.054, 03	-	R\$ 33.054, 03
Diferença				R\$ 7111,68

Com o lodo de esgoto o produtor realizaria uma adubação satisfatória tendo que complementar a adubação com fósforo, potássio e manganês via solo e mesmo assim esse custo ficaria abaixo do custo do fertilizante químico, perfazendo um total de R\$ 7111,68

Os insumos considerados para complemento do cálculo foram o cloreto de potássio (60% de K₂O) R\$ 49,50 o saco de 50 Kg e o superfosfato triplo (00-46-00) R\$ 41,50 o saco de 50 Kg. Seria gasto 139 sacos de cloreto de potássio e 24 sacos de superfosfato triplo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se no presente trabalho que o lodo de traz vantagens para a agricultura, e pode promover uma melhor lucratividade da cafeicultura na região de Piumhi – MG. Além de ser disposto de uma maneira ambientalmente correta, e promover economia, esse lodo pode substituir a adubação química.

A viabilidade da utilização do lodo na cafeicultura torna-se interessante também para as ETEs uma vez que, com o aumento da população num futuro próximo, a disponibilidade de locais para descarte desse material poderá tornar-se um grande problema.

Analisando a situação da cafeicultura atual e da ETE de Franca (SP) verificou-se a viabilidade da utilização do lodo de esgoto em um estudo de caso de propriedade em PIUMHI (MG) e observou-se uma economia de até R\$ 7111,68 (21,5%) .

REFERÊNCIAS

Agencia de noticias, Estado do Paraná

Lodo de esgoto traz ganho de produtividade de até 40% no Paraná. (publicado em 09 maio 2009). Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/210278.htm>
Acesso em 12 junho 2009.

Advanced Financial Networks (Advfn)

Commoditie café. (Publicado em 19 de junho de 2009). Disponível em: <http://wiki.advfn.com/pt/Caf%C3%A9>. Acessado em 12 junho 2009.

Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA). (publicado em 2009).Disponível em: <http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx>. Acessado em 12 de julho de 2009.

Agrolink. **Mais de 75% dos fertilizantes utilizados no Brasil vêm do exterior.** (Publicado em 16 de novembro de 2009). Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/noticias/NoticiaDetalhe.aspx?CodNoticia=100712>.
Acessado em 12 de julho de 2009.

Agronline. **AGF Café- Conab define preços do café aquisição direta pelo governo federal.** (Publicado em 10 de setembro de 2009). Disponível em: <http://www.agronline.com.br/agronoticias/noticia.php?id=10766>. Acessado em 12 julho 2009.

BEZERRA, F. B. ; ANDRADE, A. G. , PÉREZ, D. V.; MENEGUELLI, N. A.; PONTES, J. K. A. S.; ABREU, J. R. S. P. **Alterações das Propriedades Físico-Hídricas do Solo pelo Uso do Lodo de Esgoto na Recuperação de Área Degradada do Entorno do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro** (Publicado em 2004).Disponível em: http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/comtec26_2004_alterpropriedades.pdf .
Acesso em 12 junho 2009.

BLISKA, F. M. M., VEGRO, C. L. R., JÚNIOR, P. C. A., MOURÃO, E. A. B., CARDOSO, C. H. S. **Custos de produção de café nas principais regiões produtoras do Brasil.** (Publicado em 2009) Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/ie/2009/tec1-0909.pdf>.
Acesso em 12 junho 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2006) **Gestão de Resíduos e Produtos Perigosos. Resolução No 375 , DE 29 DE AGOSTO DE 2006.** Disponível em: http://www.mp.ba.gov.br/atuacao/ceama/material/legislacoes/saneamento/resolucao_375_2006.pdf. Acesso em: 12 junho de 2009.

CEOLATO, L. C. **Lodo de Esgoto Líquido na Disponibilidade de Nutrientes e Alterações dos Atributos Químicos de um Argissolo.** (Publicado em 2007). Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/PosIAC/pdf/pb1204205.pdf>.Acesso em 12 julho 2009.

COMISSÃO NACIONAL DO CAFÉ (CNA). **Ativos do café**. (Publicado em 2008). Disponível em: http://www.cna.org.br/site/down_anexo.php?q=E22_20017. Acesso em: 2009.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, 1999.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) **Safras-Café**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/>. Acesso em: 12 junho 2009.

DAMASCENO, S. **Caracterização de lodo de estação de tratamento de esgotos sanitários para uso agrícola**. (Publicado em 1998) Disponível em: <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/aresidua/peru/bratar035.pdf> Acesso em 12 junho 2009.

DUARTE, E. R. ; ALMEIDA A. C.; CABRA B. L.; ABRÃO F. O.; OLIVEIRA, L. N. ; FONSECA M. P.;SAMPAIO R. A. **Análise da contaminação parasitária em compostos orgânicos produzidos com biossólidos de esgoto doméstico e resíduos agropecuários**.(Publicado em 2008) Disponível em:<http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n5/a12v38n5.pdf>. Acesso em 12 julho 2009.

Estação de tratamento de Esgoto de Franca-SP.Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~bdta/esgoto/ETE-franca.html>. Acessado em 12 de julho 2009.

Fundação estadual do meio ambiente (FEAM). **Minas trata esgotos**. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/minastrataesgotonumeros.doc>. Acessado em 12 de junho de 2009

FERNANDES, F. ; SILVA, S, M, C, P. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. (Publicado em ano 1999). Disponível em: <http://www.finep.gov.br/Prosab/livros/Livro%20Compostagem.pdf>. Acesso em 12 julho 2009.

FERREIRA A. C. ; ANDREOLI C. V. **Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura**. (Publicado em 1999) Companhia de Saneamento do Paraná, (SANEPAR), Programa de Pesquisa em Saneamento Básico,(PROSAB) Disponível em: http://www.finep.gov.br/prosab/livros/uso_manejo_lodo_agricultura.pdf. Acessado em 12 de junho de 2009.

LOPES, F. F. M. ,LIMA. R. L. S. , ALBUQUERQUE R. C. , SILVA M. I. L. , BELTRÃO N. E. M. **Uso fertilizante de cinza vegetal e lodo de esgoto para a produção do algodoeiro 'cv. rubi'. parte 1. variáveis de crescimento**. (publicado em 2005) disponível em: http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/481.pdf. Acesso em 12 de junho 2009.

MARIA I C ; KOCSSI M. A. ; DECHEN S. C. F. **Solos e nutrição de plantas**. (Publicado em 2007) Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v66n2/13.pdf>.

Acesso em 12 junho 2009.

MELLES, C. **Batalha para salvar a cafeicultura** (publicado em 29 de dezembro de 2008).Disponível em: http://www.cncafe.com.br/artigos_ler.asp?id=6503&t=5&counter=1. Acessado em 12 julho de 2009.

MELO, L. E. DE S.; NANNETTI, D. C. **Levantamento do custo de Produção da cafeicultura no Sul de Minas Gerais**.Publicado em 9 de outubro de 2009. Disponível em :<http://www.jornada2009.nit.ufscar.br/cic/uploads/C45/C45-009.pdf>. Acessado em 12 julho 2009.

MESQUITA, B. , MASSON, T. **O Brasil será o maior consumidor em 2010** (Publicado em 2007) Disponível em: http://www.cna.org.br/cna/publicacao/download_anexo.wsp?tmp.arquivo=E22_17353futebolcafe.pdf Acesso em 12 junho 2009.

RANGEL,O. J. P. ;SILVA, C. A. ;BETTIOL. W., DYNIA J. F. **Efeito de aplicações de lodos de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho (publicado em 2006)** Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n3/31223.pdf>. Acesso em 12 junho 2009.

SANTOS, A. D. **Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo**. Disponível em : <http://www.fiec.org.br/iel/bolsaderesiduos/Teses/tese%2021.pdf>. Acesso em 24 de Junho de 2009.

SILVA W, T. L.; NOVAES A. P. ; MARTIN-NETO L. ; MILORI, D. M. B. P. ; SIMÕES M. L.; HANEDA R. N. ; FIALHO L. L. ; LEONELLI F. C. V. **Método de Aproveitamento Biossólido Proveniente de Lodo de Esgoto Residencial Através de Processo de Compostagem Seguido de Biodigestão Anaeróbia**. (publicado em 2004).Disponível em: http://www.cnpdia.embrapa.br/publicacoes/download.php?file=DOC13_2004.pdf. Acesso em 12 julho 2009.

TAMANINI,C. R. ; ANDREOLI. C. V. MOTTA, A. C. V. ; DOETZER, B. H. ; PEGORINI, E. S. **Estudo da utilização de altas doses de biossólido na recuperação de área degradada em são José dos Pinhais**. (PUBLICADO em 2005) Disponível em: [http://www.sanepar.pr.gov.br/sanepar/CalandraKBX/filesmng.nsf/7683ABC4E9DC9E7D832570B50065B1B7/\\$File/II-304.pdf?OpenElement](http://www.sanepar.pr.gov.br/sanepar/CalandraKBX/filesmng.nsf/7683ABC4E9DC9E7D832570B50065B1B7/$File/II-304.pdf?OpenElement). Acesso em 12 julho 2009.

Wikipedia. **Águas residuais**. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81guas_residuais. Acessado em 12 de junho 2009.