



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

CAROLINA DE SOUZA SIQUEIRA

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM
PLANTIOS FLORESTAIS**

**Profº M. Sc. LUIZ RODRIGUES FREIRE
ORIENTADOR**

Seropédica-RJ
Julho de 2010.



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

CAROLINA DE SOUZA SIQUEIRA

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM
PLANTIOS FLORESTAIS**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**Profº M. Sc. LUIZ RODRIGUES FREIRE
ORIENTADOR**

Seropédica
Julho 2010.

Utilização de Resíduos Agroindustriais em Plantios Florestais

COMISSÃO EXAMINADORA:

Monografia aprovada em 13/07/2010.

Prof. Luiz Rodrigues Freire
Orientador
UFRRJ/IA/DS

Prof. Ricardo da Silva Pereira
Membro
UFRRJ/IF/DS

Prof. Carlos Domingos da Silva
Membro Titular
UFRRJ/IF/DCA

DEDICATÓRIA

Ao Professor Orientador **Luiz Rodrigues Freire**, por toda compreensão, amizade e benevolência.

AGRADECIMENTOS

Ao completar mais esta etapa importante na minha formação, como pessoa e profissional, me vejo em grande oportunidade de expressar gratidão às pessoas que tiveram expressiva colaboração com meu crescimento e aprendizado nesta Universidade acolhedora e linda, onde vivi muitos momentos felizes e sincrônicos.

Quero agradecer primeiro ao Governo Celeste Central que permitiu que eu nascesse saudável e fez que eu viesse estudar na Universidade Rural, fazendo parte do grupo discente da Engenharia Florestal. Agradeço a Jah pelo Seu infinito Amor e Misericórdia, nunca deixando faltar o essencial.

Ao meu Avô Dado, mestre de obras e dançarino, por todos os conselhos de humildade e perseverança. Obrigada pelo interesse e incentivo à todas as viagens e lugares que eu conheci durante a minha vida, pela ajuda financeira quando eu não tinha um centavo. Foi a pessoa mais linda da vida.. Que via a rolinha fazendo o ninho, palitinho por palitinho.

À minha mãe Edna, imortal, que vive dentro de mim em minhas escolhas e orações. Minha gratidão será eterna por tanta compreensão, por tantos dias e noites sem a minha presença, trabalhando incessantemente por nossa família, mostrando compromisso, resignação e caridade. Obrigada por ter me deixado os valores imprescindíveis para uma vida de conduta moral correta.

Ao meu pai Ivan por ter amado a minha mãe até o último dia, e por me apoiar em tudo que eu faço. Obrigada por ter me educado sem tapas. Minha irmã Marcela, que bom que você é minha irmã, e eu acho ótimo poder aprender tanto. Eu Sou um outro você. Quero agradecer à minha tia Valéria, tios, tias, primos e primas que mesmo de longe sempre estiveram próximos.

Quero agradecer a Lígia Moura que me acolheu logo no primeiro dia de Rural no F5-508, a Celinha e Celhona pelos momentos divertidos e inesquecíveis que passamos em nosso quarto. Minha sincera gratidão ao Leonardo Britto, ao Pedro Ervilha e ao Silfo Neves, por terem me prestado auxílio sempre e me tratarem com respeito, sem distinção de gênero.

Agradeço à Marcelle Nardelli, a Vanessa Albuquerque pelos momentos que passamos juntas, a Janaína Teixeira, a Maíra Morokawa, Ana Carolina Pires, ao Lucas Geromel, ao Daniel Flint, Bruno Bulcão, Rodrigo Muriaé, Glauco Volpato, Mayer Lima. Ao meu amigo Dalton Júnior. Ao Erich Nenatarvis e companheiros de trabalho da Smac. Niro Higuchi e amigos de Manaus. Muita Luz para Todos. Minha irmãzinha Raabe Maranhão, flor de Jah, nós sentimos a música. Obrigada a Djosye Alves, Elisamar Assis, Liss Sperandio, Beatriz Forny, 101, Elaine Paiva, Elaine Cristina, Camila Hanson, Flávia Souza e também a todos os que ficaram ocultos nas entrelinhas. Todos vocês tornam o meu mundo mais completo.

Agradeço ao Leandro Floresta pelo Dhamma e Presença Divina na minha vida, me apresentou a Meditação Vipassana. A vida com Amor e Retitude.

Agradeço aos professores Alexandre Miguel do Nascimento, Paulo Sergio dos Santos Leles, Carlos Domingos da Silva, Ricardo da Silva Pereira, José de Arimatéia Silva, Acácio Geraldo de Carvalho, Maria Cristina Lorenzon e ao professor Luiz Rodrigues Freire pelo exemplo de profissional, agradecida por acreditar e confiar em mim.

E principalmente ao Leonardo Oliveira de Souza, sou muito agradecida por me ajudar a fortalecer valores tão importantes, agora eu sei que nada disso tem preço, que amor e companheirismo não se pede, e que nem tudo que parece é. Tantos momentos novos e surpreendentes ao seu lado... Sem precedentes!!!

Eu Amo Você.

Que Todos os Seres Sejam Felizes.

RESUMO

Os resíduos orgânicos provenientes de estações de tratamento de efluentes agroindustriais, de modo geral, possuem efetiva capacidade de melhoria dos atributos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos dos solos. Estudos têm indicado a utilização do biossólido como fertilizante no solo em sistemas silviculturais, como alternativa para sua destinação definitiva. No entanto, a utilização desses resíduos apresenta limitações ambientais e ecológicas no que concerne às questões relevantes de saúde pública, responsabilidade social e ambiental que devem ser levadas em consideração em razão de sua devida importância. Os resíduos de origem industrial e agroindustrial podem agravar o passivo ambiental pela eventual contaminação química, por metais pesados e biológica, por organismos patogênicos. Este trabalho tem como objetivo revisar a literatura a respeito da utilização de biossólidos em plantios florestais e áreas degradadas, alertar para os riscos do uso indiscriminado de resíduos agroindustriais no solo para fins silviculturais. Com base na revisão bibliográfica aqui descrita, pôde-se concluir que: a utilização do resíduo em áreas com florestas plantadas não pode ser feita sem plano de monitoramento, respeitando os limites pré-estabelecidos pela bacia hidrográfica, que constitui importante objeto de definição de áreas aptas a receberem florestas plantadas com adição de lodo de estações de tratamento de efluentes agroindustriais (Etea) como condicionadores das propriedades do solo; a utilização do lodo como substrato para mudas deve ser feita de forma criteriosa, afim de não aumentarem os riscos de contaminação de solos de matas ciliares ou aquíferos subterrâneos; faz-se necessário que a aplicação do lodo em plantios florestais seja feita em preocupação com a legislação vigente, por técnico habilitado, pois a presença de metais pesados e/ou organismos patogênicos no biossólido acima dos teores permitidos impossibilita sua utilização em plantios florestais. Os danos ambientais causados pela aplicação indiscriminada do lodo podem ser sérios, causando bioacumulação, com reflexos na cadeia trófica. A legislação vigente, no que tange a aplicação e monitoramento das áreas que recebem resíduos, deve incluir plano de fiscalização das áreas que recebem lodo de Etea. É imprescindível que os sítios com florestas plantadas que recebem resíduos de Etea e Etei sejam monitorados quanto aos teores de metais pesados no lodo, no solo, nas partes aéreas dos indivíduos e no lençol freático para que problemas ambientais sejam evitados.

Palavras-chave: Resíduos Agroindustriais; Monitoramento; Plantios Florestais.

ABSTRACT

Organic waste from agro-industrial sewage treatment plants in general, have an effective capacity to improve the physical, chemical, physic-chemical and biological soil. Studies have indicated the use of biosolids as fertilizer in the soil in silvicultural systems as an alternative to its final destination. However, the use of such waste presents environmental and ecological constraints in relation to matters relevant to public health, social and environmental responsibility that must be taken into consideration because of their due importance. Waste from agro-industry can aggravate the environmental liabilities for possible chemical contamination by heavy metals and organic by pathogenic organisms. This paper aims to review the literature regarding the use of biosolids in forest plantations and degraded areas, warn of the risks of indiscriminate use of agro-industrial residues in the soil for forestry. Based on the literature review described here, we could conclude that the use of waste in areas of planted forests can not be done without monitoring plan within the limits set by the pre-watershed, which is an important subject of defining areas accept capable of planted forests with the addition of sludge from agro-industrial wastewater treatment plants (Etea) and conditioning of soil properties, the use of sludge as substrate for seedlings should be done carefully, so as not to increase the risk of contaminating soils of riparian forests or underground aquifers, it is necessary that the application of sludge in forest plantations is done in pertinence to the current legislation by qualified technician, since the presence of heavy metals and/or pathogenic organisms in biosolids above permitted levels precludes their use in forest plantations. The environmental damage caused by the indiscriminate application of the sludge can be serious, causing bioaccumulation, reflected in the food chain. The current legislation, with respect to implementation and monitoring of areas that receive waste plan should include inspection of areas that receive sludge Etea. It is essential that sites with planted forests that receive waste Etea and Etei are monitored for the levels of heavy metals in sludge, soil, the aerial parts of individuals and the groundwater so that environmental problems are avoided.

Key-Words: Waste Agro-industrial; Monitoring; Forest Plantations.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE SIGLAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Resíduos Agroindustriais.....	2
2.2. Qualidade X Contaminação.....	4
2.3. Utilização de Resíduos Agroindustriais em Plantios Florestais.....	5
2.4. Utilização do Biossólido em Viveiros Florestais.....	7
2.5. Efeitos sobre a Fauna do Solo.....	9
2.6.. Contaminantes Químicos e Biológicos.....	11
2.6.1. Metais pesados.....	11
2.6.2 Organismos Patogênicos.....	12
2.7. Danos Ambientais.....	13
2.8. Implicações Legais.....	15
3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	17
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
ANEXOS.....	25

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Terra clarificante descartada (TCD).....	3
FIGURA 2 - TCD sendo homogeneizada.....	3
FIGURA 3 - TCD compostada.....	3
FIGURA 4 - Número de espécimes de nematóides (0-0,1 m).....	9
FIGURA 5 - Aplicação do resíduo em goiabeira.....	15

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas.

APA - Área de Proteção Ambiental.

BCF - Fator de bioconcentração - coeficiente de partição do composto entre o organismo e o meio em que se encontra.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente.

DQO- Demanda Química de Oxigênio.

EPA - Environmental Protection Agency (EUA)

ESALQ - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

ETE - Estação de Tratamento de Efluentes.

ETEA - Estação de Tratamento de Efluentes Agroindustriais.

ETEI - Estação de Tratamento de Efluentes Industriais.

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.

NBR - Norma Brasileira.

OMS - Organização Mundial de Saúde.

POPs - Poluentes Orgânicos Persistentes.

RALF - Reatores Anaeróbios de Lodo Fluidizado.

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná.

SBS - Sociedade Brasileira de Silvicultura.

SUSAM - Superintendência de Saneamento Ambiental.

TCD - Terra Clarificante Descartada.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população crescem as cidades, aumenta o número de residências, indústrias e também a quantidade de resíduo produzido e tratado.

Durante todos esses anos da história da produção diária de bilhões de toneladas de resíduos, a inadequação da sua disposição final perdurou e ainda perdura, sendo feita, com ou sem tratamento, em locais como rios, em mares, lagoas, são incinerados ou dispostos em aterros sanitários.

Com as exigências e normas atribuídas à disposição final de resíduos, novas estações de tratamento de efluentes têm melhorado as condições dos efluentes para assegurar um maior controle sobre diversos tipos de contaminantes no ambiente.

A intenção da redução do resíduo em sua fonte, através de sua destinação adequada, onde o produto é completamente incorporado ao solo, possibilita evitar que esses resíduos orgânicos oriundos de Estações de Tratamento de Efluentes Industriais e Agroindustriais (Etei e Etea) cheguem aos aterros sanitários e permite que tenham uma destinação definitiva.

Estudos sobre a utilização de resíduos de Etei e Etea no solo apontam efetiva melhoria de atributos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos do solo, além de resolver parcialmente o problema de uma destinação adequada.

A utilização de resíduos orgânicos em plantios florestais não pode ser feita de modo indiscriminado, sem acompanhamento técnico e plano de monitoramento. Áreas extensas têm recebido resíduos agroindustriais como fertilizante agrícola e florestal no Brasil e no mundo, geralmente em áreas rurais próximas á indústrias. Quando se trata de sua utilização na agricultura, a preocupação ainda é maior, visto que, para muitos, “a floresta não se come”.

De acordo com a ABRAF (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas), em 2009 a área total de florestas plantadas de eucalipto e pinus no Brasil atingiu 6.310.450 ha, apresentando crescimento de 2,5% em relação ao total de 2008.

As florestas plantadas representam 2% do território nacional de acordo com a Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS, 2010), e não são apenas eficientes unidades produtoras de matérias primas. Como conjuntos vivos e dinâmicos em constante interação com o meio biótico e abiótico, podem e devem desempenhar funções econômicas, ambientais e sociais sem antagonismo com os princípios de sustentabilidade. Estão diretamente ligadas à complexa rede de funcionamento biológico na região em que se encontram, conectadas à água em função do solo, ao ambiente no geral através dos pássaros, insetos, pequenos mamíferos e diretamente ao homem, não só pelo consumo de seus produtos, mas também pela proximidade de comunidades rurais e sua dependência da sanidade do meio ambiente. Além disso, existem os riscos de contaminação por elementos tóxicos como “metais pesados” na ocasião da exploração florestal.

Visto que o solo é um ambiente vivo, conectado a peculiares formas de vida, a aplicação indiscriminada de resíduos pode desencadear processos de contaminação principalmente através da água.

Vale ressaltar que além da possível contaminação da água por elementos tóxicos através da adubação com resíduos agroindustriais, pode ocorrer também a contaminação do solo por helmintos e bactérias, principalmente quando não há controle sobre a mistura de efluentes de diferentes origens. Portanto, como destacaram Galdos et al. (2004), é muito importante a implantação de adequado sistema de monitoramento do solo que o recebe.

Este trabalho tem como objetivo revisar a literatura a respeito da utilização de biossólidos em plantios florestais e áreas degradadas, alertar para que os devidos cuidados sejam tomados na utilização de resíduos agroindustriais em áreas de plantios florestais e

destacar os riscos do seu uso indiscriminado no solo para fins silviculturais:

Ainda que o tema central seja o uso de resíduos da agroindústria, devido a reduzida disponibilidade de trabalhos específicos, também foram incluídos trabalhos sobre o emprego de lodo de esgoto urbano, para melhor ilustração dos riscos inerentes às aplicações para fins florestais.

Em razão da natureza e objetivos desta Monografia, o trabalho foi desenvolvido basicamente com pesquisas em periódicos e internet, estando seus resultados e discussões incluídos ao longo da apreciação dos trabalhos compulsados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Os resíduos sólidos de agroindústrias são constituídos por aqueles provenientes de algum tipo de processamento de alimentos, fibras ou madeira. Eles incluem os produzidos por usinas sucro-alcooleiras, matadouros e indústrias do processamento de carnes (vísceras e carcaça de animais), frutas e hortaliças (bagaço, tortas, refugo e restos), indústria da celulose e papel (resíduos da madeira, lodo do processo de produção e do tratamento de águas residuárias), curtume (aparas de couro e lodo do processo e tratamento de águas residuárias), etc. (MATOS, 2005).

A geração de resíduos e sua destinação final inadequada representam um problema de abrangência mundial, dos setores ambiental, sanitário e econômico. A negligência quanto à utilização correta de tais produtos pode acarretar danos graves ao meio ambiente, com consequências negativas para a população.

Almeida et al (2006) avaliaram a eficiência de processos químico e térmico na redução de patógenos no lodo de esgoto doméstico coletado no leito de secagem da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), em Maringá, PR, visando a sua reciclagem agrícola. O uso agrícola do lodo de esgoto depende, primeiramente, da aplicação de algum processo para redução de patógenos, entre os quais se destacam os processos biológicos (compostagem, vermicompostagem); físicos (secagem térmica, solarização, radiação gama); e químicos (adição de cal virgem ou outras substâncias alcalinas). Os resultados encontrados mostraram que o processo anaeróbio, seguido por desaguamento em leitos de secagem, é insuficiente para reduzir os patógenos presentes no lodo de esgoto a níveis considerados seguros para uso agrícola. Porém tanto o processo químico como o térmico foram eficientes em reduzir o número de patógenos presentes no lodo de esgoto da Sanepar, possibilitando seu uso na agricultura.

Existem diversos processos de estabilização sendo estudados com objetivo de avaliar o método mais eficiente na eliminação de possíveis contaminantes biológicos no solo.

Como exemplo, pode ser mencionada a terra clarificante descartada (TCD), resíduo do processo de refino do óleo vegetal: esse material possui compostos de baixa densidade molecular, voláteis e com baixo ponto de ignição os quais, mesmo em temperatura ambiente, podem entrar em combustão, sendo de extrema importância que o resíduo esteja completamente estabilizado antes de ser aplicado na área.

Assim, este resíduo pode ser compostado para sua prévia estabilização. A Figura 1 mostra o material secando ao ar livre, seu aspecto e coloração.



Figura 1. Terra Clarificante Descartada (TCD).

No caso específico da figura acima, o produto está sendo compostado na Fazenda Santa Cruz dos Bandeirantes, em Jacareí, SP, em que o solo foi devidamente compactado para receber o produto como leito de secagem. Após esta fase, o biossólido é homogeneizado para ser aplicado no solo, como mostram as figuras 2 e 3.



Figura 2. TCD sendo homogeneizada



Figura 3. TCD compostada.

A estabilização da TCD tem o objetivo de reduzir seu potencial de combustão.

Quando se trata de lodo de esgoto doméstico, de acordo com (MALTA, 2001), a estabilização tem o objetivo de reduzir seu conteúdo em microorganismos patogênicos e reduzir ou eliminar seu potencial de putrefação e produção de odores e atração de moscas.

Além da estabilização, é imprescindível que todas as normas contidas na legislação vigente sejam respeitadas para não expor o ambiente e as populações vizinhas a contaminantes biológicos e principalmente químicos. Destaque-se que as interações solo/planta se dão de forma natural e contínua, podendo ultrapassar a faixa de concentração no solo, ocorrendo consumo de luxo pela planta.

Já os resíduos de origem agroindustrial, podem conter metais pesados, coliformes fecais e bactérias dependendo do tipo de indústria e dos processos e aditivos utilizados na produção. Além dos riscos de conterem metais pesados, existe a possibilidade de serem misturados ao lodo de esgoto doméstico, e vice-versa, com a contaminação dos mesmos por

metais, helmintos e salmonelas.

Paganini et al (2004) em análises de metais pesados do lodo da estação de tratamento de efluentes (ETE) de Paulina, SP, encontraram concentrações consideráveis até 30 e 50 m de distância do ponto de lançamento, nos primeiros 20 cm de profundidade. O ponto de controle a 20 m do ponto de lançamento dos esgotos no módulo I apresentou valores elevados de mercúrio, níquel, chumbo e alumínio em todas as profundidades.

As quantidades dos nutrientes disponíveis no lodo dependem de sua origem, bem como do tratamento de estabilização aplicado para sua devida utilização no solo.

Guimarães et al (2009) em avaliação dos efeitos da aplicação de lodo biológico de indústria de gelatina, processo de conversão do colágeno contido em ossos e peles de animais em gelatina, nos atributos químicos de três solos, verificaram aumento do pH e dos teores de P, Ca, Mg, Na e K dos solos.

É possível que esses materiais possam substituir, ainda que parcialmente, os fertilizantes minerais, desempenhando importante papel na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo (NASCIMENTO et al., 2004).

O lodo é um resíduo do processo de tratamento de efluentes e devido às suas altas concentrações de nutrientes se revela um sub-produto de alto valor agrônomico. Resíduos com alto potencial de contaminação são gerados, os quais, se não manuseados e dispostos adequadamente, podem colocar em risco a saúde humana e de outros animais, afirma Manzochi (2008).

Do exposto nos parágrafos anteriores, já se pode afirmar que a utilização desses materiais em plantios florestais não pode prescindir de cuidados e de avaliações periódicas sobre as transformações e impactos no ambiente no qual foram ou serão aplicados.

2.2. QUALIDADE X CONTAMINAÇÃO

A reciclagem do resíduo no solo é, sem sombra de dúvida, a melhor alternativa quando este atende aos requisitos necessários com relação à concentração de metais pesados e organismos patogênicos. A reciclagem da matéria orgânica dos biossólidos em sólidos agrícolas é viável e desejável, desde que realizada de forma segura e coerente (CETESB, 1999).

Reações do solo (adsorção, complexação, solubilização, oxi-redução e precipitação), regulam a disponibilidade e solubilidade dos elementos na solução do solo e superfície das argilas. Estas reações são muito influenciadas pelo manejo do solo e adição de produtos como adubação nitrogenada, outros insumos, adubação verde e calagem.

A pressão pela necessidade da adequação do problema de resíduos não pode considerar a disposição no solo, especialmente no caso da reciclagem agrícola, como uma forma de eliminar um problema urbano. As experiências negativas de uma prática inadequada podem inviabilizar esta alternativa no futuro, face à resistência que podem gerar na sociedade, decorrente dos potenciais danos ambientais e sanitários (ANDREOLI, 1998).

O solo é o meio por onde a água volta para o lençol freático no ciclo hidrológico, promovendo a infiltração e percolação da água até o lençol freático.

A bacia hidrográfica constitui excelente ferramenta na definição de áreas aptas a receberem o biossólido como fertilizante e condicionador dos solos, pois permite identificar sítios com potencial risco de contaminação de reservatórios de água, permitindo melhor planejamento, controle e gerenciamento da bacia e de suas potencialidades.

Trindade (2007) realizou trabalho com ferramentas de geoprocessamento com objetivo de identificar e delimitar áreas impróprias à disposição de lodo de esgoto no Distrito Federal,

em conformidade com a legislação vigente. Como é necessário um licenciamento específico para cada caso, as restrições quanto a sua utilização no solo foram avaliadas detalhadamente em cada processo de disposição do lodo de esgoto. Concluiu que as porções Leste (bacia hidrográfica do Rio Preto), Oeste (bacia hidrográfica do Rio Descoberto) e Centro-Sul (bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu e sub-bacia do Córrego Santana) do Distrito Federal são as áreas com menos restrições à utilização do lodo de esgoto. Entretanto, na porção Centro-Oeste está localizado o principal manancial de abastecimento público do DF, responsável por 65% da água consumida pela população urbana da unidade federativa, o que sugere a necessidade de especial atenção por parte do órgão gestor da Área de Preservação Ambiental (APA) do Descoberto.

Lima, W. P. (2006), conclui que a conservação dos recursos hídricos, da quantidade e da qualidade da água das microbacias e do ecossistema aquático, depende da manutenção de mecanismos naturais desenvolvidos ao longo dos processos evolucionários de formação da paisagem, os quais são coletivamente referidos como serviços do ecossistema. As práticas de uso da terra, como o preparo do solo, plantio, adubação e colheita, podem contribuir para a degradação da qualidade hidrológica das microbacias, afetando os usuários a jusante.

Krieger (2000) em monitoramento da qualidade da água subterrânea à jusante, comparado à montante da área de disposição de resíduos das indústrias pertencentes ao ramo coureiro-calçadista da Usina de Tratamento de Resíduos S/A, que abrange 29 ha e está localizada no extremo sudoeste do município de Estância Velha- RS, baseando-se nos padrões de potabilidade da água estabelecidos na legislação vigente, avaliou parâmetros como condutividade, pH, temperatura, DQO, alcalinidade, turbidez, cloreto, sulfato, nitrato, ferro, manganês, cromo, sódio, magnésio, potássio, cálcio, cádmio, cobre, chumbo, zinco e níquel, encontrou resultados que não atenderam aos valores recomendados para a potabilidade das águas pelo Ministério da Saúde e pela Organização Mundial de Saúde (OMS), onde teores de cromo, nitrato, sulfato, cloreto, sódio e SDT foram encontrados em valores superiores quando comparados ao ponto controle localizado à montante da área, observando-se o pior índice de qualidade das águas subterrâneas.

Melo Marques, et al (2000), avaliaram o teor de metais pesados e o crescimento de mudas de 20 espécies arbóreas tropicais em solo com elevado grau de contaminação com metais pesados. Com base na produção de matéria seca da parte aérea, concluiu-se que apenas *Myrsine umbellata*, *Cedrella fissilis*, *Tabebuia impetiginosa* e *Copaifera langsdorffii* não foram afetadas pela contaminação, enquanto *Hymenaea courbaril*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Acacia mangium* e *Platygodium gonoacantha* sofreram pequeno impacto na produção de matéria seca da parte aérea. As demais espécies foram muito inibidas pela contaminação do solo, o que é causado pela absorção, na maioria dos casos, de Zn e Cd.

2.3. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGOINDUSTRIAIS EM PLANTIOS FLORESTAIS

Não há dúvidas de que a utilização do lodo de Etei e Etea no solo para fins silviculturas é mais seguro que para fins agrícolas. No entanto, como já exposto, o sistema solo/planta é complexo e diversos tipos de interações e reações em cadeia ocorrem quando há interferência antrópica na adição de compostos orgânicos ricos em nutrientes minerais.

Rocha, et al, 2004, tecem observações sobre a dinâmica de alguns elementos no solo após a utilização do biossólido em experimento com plantas de eucalipto na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, pertencente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ). Os autores recomendam que, antes da aplicação em larga escala

de biossólido em plantações florestais, é preciso compreender seus efeitos no solo e na planta. Demonstraram que houve aumento dos teores de matéria orgânica nas camadas de 5-10 cm e 10-20 cm, de P-resina e de Ca trocável, nos primeiros 20 cm, onde o Al trocável diminuiu com o aumento das doses de biossólido nas camadas amostradas. A aplicação do biossólido influenciou positivamente na nutrição das plantas, proporcionando uma produção de madeira igual a obtida no tratamento que só recebeu adubação mineral (1,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, 98 kg. ha⁻¹ de N, 79,5 kg. ha⁻¹ de P₂O₅, 165 kg. ha⁻¹ de K₂O, 1,3 kg. ha⁻¹ de B e 1,2 kg. ha⁻¹ de Zn), quando a dose de biossólido foi equivalente a 12 t ha⁻¹. A produção máxima estimada de madeira (45,5 t. ha⁻¹ano) seria alcançada com a aplicação de 37,0 t. ha⁻¹ de biossólido.

Nos solos de florestas, onde a exportação de nutrientes se dá através da incorporação de biomassa no tronco, a adubação orgânica incorpora nutrientes ao sítio, que geralmente são destacados.

Em experimento realizado na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga-SP verificou-se que 10 toneladas de lodo de esgoto por hectare nas linhas de plantio de *Corimbia citriodora* como fertilizante orgânico proporcionou biomassa foliar semelhante à aplicação do fertilizante mineral, porém com menor aporte de N via fertilização mineral em relação à adição de lodo de esgoto (ROCHA, 2004)

Cherubini et al (2000) demonstraram que a redução nos teores de nitrogênio total presentes no lodo, nos diferentes tratamentos térmicos foi pequena comparada ao lodo calado. Os teores de nitrogênio total foram mantidos à níveis considerados positivos para o lodo de esgoto, mostrando ser uma melhor alternativa à calagem que hoje é largamente utilizada no estado do Paraná e que determina perdas de até 50% do nitrogênio.

Sette Junior, et al (2009) avaliaram o efeito da aplicação de lodo de esgoto e de fertilizante mineral nas características anatômicas e físicas da madeira juvenil de árvores de *Eucalyptus grandis*, com 24 meses, plantadas no espaçamento 3 x 2 m e fertilizadas com nitrogênio (plantio, 6, 12, e 18 meses) e lodo de esgoto (plantio e 8 meses). Concluíram que a densidade básica média do lenho foi mais alta e significativa com a aplicação de lodo de esgoto e não significativa para o adubo nitrogenado em relação à testemunha.

Os resultados da aplicação do biossólido são positivos no que tange ao incremento de biomassa, adição de nutrientes ao solo, bem como melhorias físicas em suas propriedades. A sua utilização em monocultivos de *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp., *Tectona grandis* e outros, bem como em plantios mistos e diversificados de plantações florestais expõe diversos polinizadores e dispersores de sementes aos efeitos de interações da planta com o solo, como por exemplo, traços da absorção de luxo de algum elemento tóxico no pólen das flores das árvores, podendo futuramente serem encontrados no mel ou causando desequilíbrios na cadeia trófica.

Silva et al (2008) avaliaram o efeito da adição de três doses (10, 20 e 30 t ha⁻¹) dos lodos de esgoto úmido (torta) e seco (granulado), complementados com K e B e aplicados ao solo nas linhas de plantio em parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* sobre o volume de madeira no 18º mês pós-plantio. Observaram diferença de 130% no volume entre a parcela que recebeu 10 ton de biossólido e a parcela testemunha, não ocorrendo diferença estatística entre os tratamentos com as doses crescentes aplicadas e também entre os dois tipos de lodo (úmido e seco). Observaram aumento nas concentrações de P, Ca e Zn nas folhas e, inversamente, diminuição de Mn com o aumento nas doses dos biossólidos.

Maldonado (2005), em sua dissertação avaliou as respostas da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) à adubação orgânica com biossólido, obtendo resultados positivos na biomassa aérea e radicular até um ano após a aplicação, superiores às propiciadas pela adubação química. No experimento realizado no campo da Unidade de Pesquisa de Desenvolvimento do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico do Agronegócio do

Vale do Paraíba, localizada em Ubatuba, SP, constatou que os teores de elementos potencialmente tóxicos da porção comestível estão dentro dos limites de tolerância, exceto pelo metal pesado cromo, recomendando que estudos sobre a utilização do lodo como fertilizante do solo para o cultivo da pupunheira sejam realizados.

Dessa maneira, deve-se utilizar a capacidade dos plantios florestais em receberem resíduos agroindustriais, desde que com inserção de programas de monitoramento em todo País, onde resíduos agroindustriais são utilizados para melhoria da fertilidade do solo.

Alves et al (2007) avaliaram a recuperação das propriedades de um Latossolo Vermelho distrófico, de onde foi retirado material usado na terraplanagem e nas fundações da usina hidrelétrica de Ilha Solteira-SP, utilizando como indicadores de qualidade física a densidade do solo e a taxa de infiltração de água. A pesquisa foi feita em uma área onde se retirou uma camada de solo de 8,60 m. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições e cinco tratamentos: testemunha (solo exposto sem técnicas de recuperação); espécie arbórea gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott); gonçalo-alves + feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); gonçalo-alves + nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); e gonçalo-alves + gramínea (*Brachiaria decumbens*) + lodo de esgoto (60 Mg ha⁻¹). A densidade do solo foi avaliada antes e 356 dias após a implantação dos tratamentos, e a infiltração de água no solo foi determinada 188 dias depois da instalação dos tratamentos. Concluíram que ocorreram melhorias na qualidade do solo com o seu preparo e adição de lodo de esgoto e adubos verdes, e os indicadores utilizados (densidade e infiltração de água do solo) foram adequados para a avaliação dessas melhorias. As diferentes fontes de MO estudadas mais a ação mecânica (preparo do solo), bem como a ação mecânica isolada, em curto prazo, interagem de maneira semelhante na recuperação da qualidade do solo. A combinação lodo de esgoto mais braquiária proporcionou maior crescimento da espécie gonçalo-alves.

2.4. UTILIZAÇÃO DO BIOSSÓLIDO EM VIVEIROS FLORESTAIS

Estudos sobre a viabilidade da utilização do lodo na produção de mudas têm avançado conforme aumenta a demanda de substrato de qualidade e também aumenta a oferta de lodo tratado com necessidade de uma destinação final adequada.

Maia, C. M. B. F. (1999), avaliou o uso de lodo biológico gerados no processo de produção de celulose e papel e de casca de *Pinus sp.* como componentes de substratos para a produção de mudas de *Pinus taeda*. Testou 14 substratos contendo diferentes proporções de solo, casca de *Pinus* e lodo biológico. Constataram que não é adequado como substrato para mudas quando utilizado puro. No entanto é viável a produção de mudas, de qualidade, em substratos sem solo, usando-se somente casca e lodo. Tanto os tratamentos com lodo, como os tratamentos com casca, apresentaram biomassa significativamente maior do que os tratamentos sem lodo e os tratamentos sem casca. A produção de biomassa dos tratamentos com solo foi significativamente menor do que a produção de biomassa dos tratamentos sem solo.

As pesquisas e experimentos realizados com a finalidade de testar a utilização do lodo como parte do substrato para mudas vêm crescendo e as expectativas são as melhores em relação à expansão do tema, e atendimento às demandas tecnológicas e produtivas.

Trigueiro (2002) estudou as características físicas e químicas de substratos compostos pela mistura de diferentes proporções de bio sólidos com casca de arroz carbonizada e avaliou a viabilidade da utilização desses materiais como meio de crescimento para produção de mudas de pinus e eucalipto. De acordo com características apresentadas, foram considerados

mais adequados para o desenvolvimento de mudas de espécies florestais, os substratos, cujas doses de bio sólido variaram de 30 a 60%. Nenhum substrato testado, inclusive a testemunha, apresentou valores ideais em todos os parâmetros estudados, contudo, doses maiores de bio sólido foram prejudiciais ao desenvolvimento das mudas. Concluindo que o uso de bio sólido, como componente de substratos, é uma alternativa viável para disposição final deste resíduo, tendo em vista a economia de fertilizantes que esse material pode proporcionar, além do benefício ambiental de sua destinação definitiva.

Em experimento com objetivo de avaliar o efeito de crescentes dosagens de lodo do caleiro oriundo de indústria de curtimento em substrato comercial para a produção de mudas de *Jacaranda cuspidifolia* Mart., Franczak, et al. (2008), utilizaram doses de lodo, e aos 120 dias determinaram índice de sobrevivência, altura de plântulas, diâmetro de colo e número de folhas, obtendo o melhor desenvolvimento das mudas no T1, com a menor dosagem, com o substrato contendo apenas 3% de lodo de caleiro. No tratamento com 6% de lodo os resultados foram semelhantes à testemunha. Nas maiores dosagens houve perda de mudas acima de 24% de mortalidade.

Em trabalho realizado em 2009, Paiva et al obtiveram resultados onde a aplicação das diferentes doses de lodo de esgoto ao solo estimulou o crescimento das mudas das quatro espécies nativas em altura e na produção de biomassa, demonstrando seu potencial como fertilizante e condicionador do solo, bem como na produção de mudas de espécies arbóreas em viveiros. A maior dose de lodo de esgoto aplicada (20g. dm^{-3}) propiciou respostas em crescimento equivalentes à promovida pela fertilização mineral. As espécies aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolia* Raddi), pau-de-viola (*Cytarexylum myrianthum* Cham) e unha-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link), características das fases iniciais da sucessão, apresentaram melhores resultados em comparação com a cabreúva-vermelha (*Myroxylon peruiferum* L. f), considerada espécie típica de final de sucessão.

De acordo com a Agência de Notícias do Estado do Paraná são plantadas cerca de 5 mil mudas/ano/viveiro, onde as mudas produzidas nos viveiros da Sanepar e dos parceiros são utilizadas na restauração de áreas de mananciais de abastecimento público (Programa Mata Ciliar do Governo do Estado) e na implantação de cortinas verdes nas estações de tratamento de esgotos (ETEs), informa a diretora de Meio Ambiente e Ação Social da Sanepar, Maria Arlete Rosa. A produção anual de mudas nos 16 viveiros deve alcançar 800 mil mudas/ano. Foram constatados baixos teores de metais pesados e higienização compatível para uso na agricultura. A próxima etapa é certificar a viabilidade técnica e econômica dos substratos à base de lodo compostado. Depois, a Sanepar deverá incluir o uso sistemático destes insumos nos seus viveiros florestais e nos de seus parceiros.

Por tanto, percebe-se a que as reações da planta à utilização de diferentes doses de bio sólido são diferentes para cada espécie e características do substrato, devendo ser utilizado com cautela no intuito de minimizar perdas nos viveiros florestais e riscos de contaminação das plantas e dos locais para onde se desenvolverão futuramente.

A utilização de resíduos de Etei, Etea e lodo de esgoto como substrato de mudas de espécies nativas florestais para fins de recuperação de áreas degradadas vêm crescendo. Estão sendo utilizadas para recuperação de matas ciliares em locais que são sensíveis a desequilíbrios, sendo a ictionaua os primeiros a darem sinal de contaminação quando causa a morte deles, quando não, podem acumular metais pesados e poluentes orgânicos persistentes em seu tecido adiposo, podendo um único afluente contaminar populações inteiras.

2.5. EFEITOS SOBRE A FAUNA DO SOLO

Pinheiro et al (2009), avaliaram o reflexo da aplicação do lodo de Etei sobre a densidade do solo, porosidade total e população de nematóides em três sítios na camada de 0 a 10 cm de profundidade: sítio 1, com aplicação de $45 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, desde 2000, com a última aplicação em 2007; sítio 2, com uma única aplicação de $45 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ em 2008, e sítio 3, área usada como controle, sem a aplicação do produto. Os resultados encontrados indicam uma maior população de nematóides na área que sofreu aplicação recente do material, como mostra a figura abaixo.

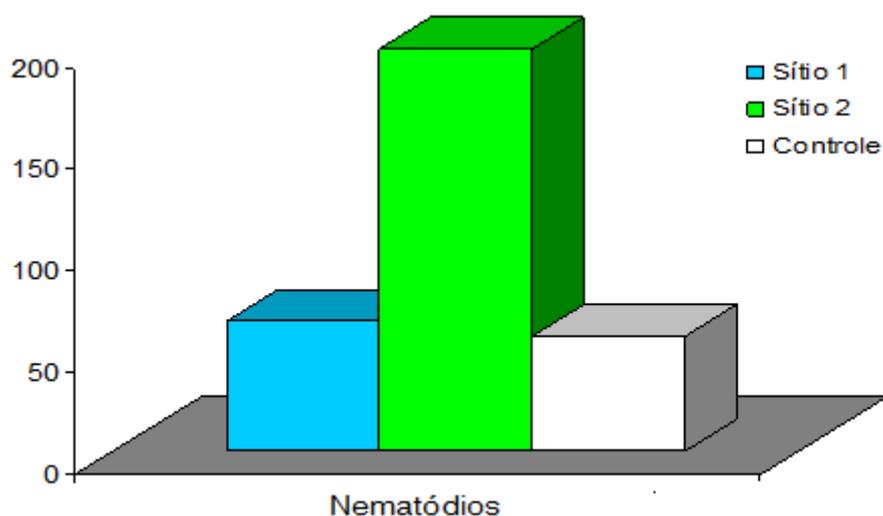


Figura 4. Número de espécimes nematóides na camada de solo à profundidade de 0-0,1m.

Verifica-se que o número de nematóides aumentou consideravelmente com a aplicação recente do resíduo. As melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo permitem maior aeração e porosidade, com a diminuição da densidade do solo. Os efeitos da adição do lodo são observados em curto prazo, mesmo tendo sido o resíduo adicionado a superfície, sem o revolvimento do solo. A fauna é sensivelmente afetada pelas modificações nas propriedades físicas do solo, como retenção de umidade e aumento da macroporosidade. Da mesma forma o solo responde as alterações provocadas pela adição de matéria orgânica, que libera compostos no processo de mineralização, inibindo o crescimento da densidade populacional dos nematóides.

Impactos antrópicos e/ou diferentes tipos de manejo que resultem em diferentes níveis de estresse para as plantas refletem na composição da microbiota do solo, que se torna um indicador sensível capaz de alertar para as perdas na qualidade de um ecossistema. A comparação entre perfis de comunidades microbianas de áreas cultivadas e/ou perturbadas com áreas nativas é uma estratégia que permite avaliar o impacto ambiental e orientar medidas de remediação nas áreas impactadas pela determinação de faixas de normalidade de propriedades físicas, químicas e biológicas (XAVIER et al, 2005).

A presença de organismos no solo é um indicador positivo, tanto em relação às interações solo/planta, como em relação à incorporação total do resíduo ao solo, com

transformações bem sucedidas. Outros organismos como fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio em plantas também se destacam como bioindicadores de aspectos positivos no solo.

Bettiol, et al (1986) realizaram experimentos sobre a formação de ectomicorrizas em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, inoculadas artificialmente com *Pisolithus tinctorius* e *Thelephora terrestris*, por serem fator limitante no cultivo do gênero *Pinus* em vários locais do mundo. O bio sólido em todas as concentrações testadas (10, 30 e 50%) diminuiu largamente a associação, mas não afetaram a formação de ectomicorrizas, nem o desenvolvimento das mudas de *P. caribaea* var. *hondurensis* inoculadas artificialmente com o fungo *T. terrestris*. No entanto, a formação de micorrizas pelo fungo *P. tinctorius* foi inibida pelas fontes de matéria orgânica, em todas as doses testadas, sendo diretamente proporcional ao teor de matéria orgânica no substrato.

As interações podem se dar das formas mais variadas, por isso é interessante que sejam acompanhadas para que as aplicações em campo possam ser feitas de forma segura, sem pôr em riscos as relações naturais sem as quais não há desenvolvimento esperado para determinadas espécies como pinus.

Schirmer (2010) em experimento na casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, demonstra a viabilidade da utilização do lodo como substrato para multiplicação de minhocas da espécie *Eisenia andrei*, seja na sua forma pura ou em misturas com esterco bovino e casca de arroz, e também na produção de mudas de *P. elliotti* micorrizadas. A utilização do lodo de esgoto em mistura com turfa fértil proporcionou crescimento satisfatório das mudas de *P. elliotti*, inoculadas com o isolado de fungo ectomicorrízico UFSC Sc 124, nas condições em que o experimento foi conduzido. A presença de minhocas no lodo reduz e/ou mantém a população de nematóides de vida livre. O lodo de esgoto melhorou as condições físicas do substrato, aumentando a qualidade das mudas de *P. elliotti*.

Cunha et al (2006) avaliaram o desenvolvimento de mudas de *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* em diferentes substratos, utilizando sementes inoculadas com rizóbio e não-inoculadas, aos 90 dias após a semeadura, avaliaram a altura das plantas, o diâmetro do colo e o peso da matéria seca da raiz e da parte aérea, na qual se determinaram N, P, K, Ca e Mg. No lodo com inoculação, obteve-se melhor crescimento das mudas. O substrato para a produção de mudas tem por finalidade garantir o desenvolvimento da planta com qualidade, em curto período de tempo, e baixo custo. A qualidade física do substrato é importante, por ser utilizado num estágio de desenvolvimento em que a planta é muito suscetível ao ataque por microrganismos e pouco tolerante ao déficit hídrico.

Especialmente a retenção da umidade e o aumento da matéria orgânica provocados pela adição do bio sólido são responsáveis pelas condições favoráveis à presença e permanência de bioindicadores da qualidade do solo como fungos micorrízicos e oligoquetas.

Silva et al (2009) realizaram bioensaios com oligoquetas (*Eisenia andrei*) para avaliação da toxicidade de diferentes doses de lodo de esgoto da estação de Tratamento da Ilha do Governador, RJ, em duas classes de solos: latossolo e chernossolo. Os resultados com testes de bioacumulação demonstraram que os agentes tóxicos presentes no lodo foram capazes de inibir e/ou afetar a reprodução dos oligoquetas, demonstrando claramente a importância da realização de bioensaios na avaliação dos efeitos ecológicos que os xenobiontes presentes no lodo podem causar a fauna do solo.

Apesar de esses trabalhos terem utilizado lodo de estação de tratamento de esgoto e não resíduos da agroindústria, os mesmos estão mencionados para mostrar a importância de serem considerados os impactos que a adição de material orgânico pode provocar nos organismos do solo.

2.6. CONTAMINANTES QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

Oliveira et al (2006) consideram que os elementos constituintes dos despejos urbanos e industriais, além da carga microbiológica podem conter diversos poluentes químicos que afetam a saúde humana. Dentre os constituintes químicos destacam-se os metais pesados, que, sendo indevidamente removidos, poderão causar poluição significativa no corpo receptor, representando risco para a saúde humana e ambiental.

Chagas, W. F. (2000), em sua dissertação sobre estudo de patógenos e metais em lodo para fins agrícolas, cita a sua melhor adequação para destinação final em reflorestamentos, devido aos baixos teores de metais pesados encontrados e redução de 100% de coliformes totais, coliformes fecais e salmonelas nas amostras analisadas em lodo calado a 50% do peso seco. De acordo com o autor, respeitando-se os critérios para a escolha de áreas aptas a receberem o mesmo e monitoramento constante destes parâmetros, é uma excelente opção, permitindo a aplicação de doses maiores, com alto grau de segurança, devido ao longo ciclo vegetativo das espécies e pelo fato de não se tratar de produção alimentar. O especial cuidado a ser tomado segundo o autor deve ser dado às condições topográficas dos terrenos que os recebem. Se a adubação for feita na cova, existe segurança com relação ao transporte de patógenos.

“Vários estudos no Brasil comprovaram a eficácia do uso agrícola de lodo de esgoto, entretanto, a possível presença de poluentes como metais pesados, patógenos e compostos orgânicos persistentes são fatores que podem provocar impactos ambientais negativos. O nitrato também representa um problema devido à falta de sincronismo entre sua mineralização e a absorção pelas plantas, resultando em risco de contaminação das águas subterrâneas. Uma vez adicionados ao solo, alguns dos poluentes podem entrar na cadeia alimentar ou acumular-se no próprio solo, no ar, nas águas superficiais, nos sedimentos e nas águas subterrâneas. Portanto, é necessária uma rigorosa regulamentação para a adição do resíduo ao solo, bem como estudos que determinem riscos ambientais a curto e longo prazos considerando os metais pesados” (PIRES, 2006).

2.6.1. METAIS PESADOS

Os metais pesados se encontram distribuídos por toda a natureza. Nos solos, os metais são originários de rocha de origem e de outras fontes adicionadas ao solo. Os metais contidos nos resíduos são resultantes da atividade industrial. Metais pesados são elementos químicos que possuem peso específico maior que 5 g/cm^3 ou número atômico maior do que 20. Tais elementos contaminam o meio ambiente, provocando diferentes danos à biota, e designação genérica “metais pesados” inclui metais, semi-metais e mesmo não metais como o selênio. Os principais elementos químicos enquadrados neste conceito são: Al, Sb, As, Cd, Pb, Cu, Co, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Se, e Zn. Esses elementos são encontrados naturalmente no solo em concentrações inferiores àquelas consideradas como tóxicas para diferentes organismos vivos. (TSUTIYA, 1999).

Oliveira & Mattiazzo (2001), estudaram a movimentação de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn num Latossolo Amarelo distrófico, cultivado com cana de açúcar, tratado com aplicações sucessivas de lodo de esgoto. Os teores dos metais Cd^{2+} , Cr, Cu^2 , Ni^{2+} e Pb^{2+} , avaliados em todas as amostras de solução do solo, coletadas nas profundidades de 0,3, 0,6 e 0,9 m, estiveram abaixo do limite de determinação do método analítico empregado; somente o Zn se mostrou um elemento móvel no perfil do solo, sendo encontrados, ao final de quatro anos,

incrementos significativos até a camada 0,4 – 0,6 m. Os autores reafirmam a necessidade de que novos estudos sejam feitos visando o fracionamento desses metais por meio de extrações sequenciais e considerando variações no pH do solo, os quais poderão trazer explicações conclusivas para situações específicas.

Infelizmente, por uma série de razões, a presença de metais pesados nos esgotos é ainda uma realidade que deverá permanecer por algum tempo. A fim de garantir a disposição adequada do lodo no Brasil, várias linhas de pesquisa tornam-se necessárias. A primeira delas refere-se à caracterização físico-química do lodo de esgoto nos municípios. Este tipo de pesquisa é de extrema importância, pois o Brasil possui cidades com características de desenvolvimento bastante distintas, ou seja, com diversos tipos de indústrias e populações com diferentes níveis de saúde. De acordo com o tipo de lodo gerado, determinadas alternativas de disposição serão mais viáveis que outras. Além do mais, com a caracterização do lodo de esgoto é possível identificar quais são os problemas ambientais e de saúde pública que a cidade possui, tais como lançamento de metais pesados no esgoto, infestações parasitárias, etc.

É importante salientar que esta caracterização deveria ser de responsabilidade das estações de tratamento de esgotos (públicas ou privadas) e o governo deveria estabelecer padrões de qualidade para o lodo de esgoto, a fim de garantir a qualidade deste material. Conseqüentemente, de um lado, é necessário que o teor desses elementos no lodo seja constantemente monitorado. Por outro lado, o possível comportamento deles nas áreas de aplicação deve ser previamente estudado e monitorado na fase pós-distribuição do lodo. O grande problema é o risco de acumulação desses elementos nos solos, nas plantas, nos animais e possivelmente nos homens.

2.6.2. ORGANISMOS PATOGÊNICOS

Zerbini et al (1999) avaliaram o comportamento de um sistema de tratamento de esgotos domésticos na remoção de ovos de helmintos e coliformes fecais. O sistema foi constituído de um reator anaeróbio de manta de lodo (reator UASB) na cidade de Itabira-MG. Em relação à contagem de coliformes fecais, a remoção foi satisfatória, tendo sido observada uma remoção final com concentrações na faixa de 104 a 105 UFC/100 mL. Os resultados encontrados no presente estudo indicaram uma excelente remoção de ovos de helmintos no sistema de tratamento através de escoamento superficial no solo (não foram observados ovos no efluente final das rampas).

Em tratamento anaeróbio em ETE de esgoto são empregados reatores anaeróbios de lodo fluidizado (Ralf), determinou-se a prevalência e a viabilidade de ovos e larvas de helmintos e cistos de protozoários presentes no biossólido, na região metropolitana de Curitiba, Paraná. *Ascaris sp* foi o parasita prevalente em todos os Ralfs estudados e superando 85% do total de ovos viáveis, refletindo o parasitismo de helmintos na população humana. Os parasitos presentes no esgoto e no lodo foram helmintos: *Ascaris sp* (85%), *Toxocara sp* (5,5%), *Trichuris sp* (4,5%), *Hymenolepis diminuta* (3,7%), *H. nana* (1%) e *Taenia sp* (0,4%), protozoários: *Isoospora sp*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Endolimax nana*. Houve diferença significativa quanto ao número de ovos viáveis de helmintos presentes no material de quatro estações estudadas. A redução da viabilidade dos ovos de helmintos variou de 59,7 a 93%. Ovos de *Taenia sp* estiveram presentes em todos os Ralfs estudados, embora em pequeno percentual. (PAULINO, et al, 2001).

Cherubini et al (2000) quantificaram e avaliaram a viabilidade de ovos de helmintos em diferentes tratamentos térmicos, onde aos 50, 60 e 80 °C obteve-se aficiência na redução

de avos de helmintos, à níveis aceitáveis, nos tempos de 48 horas, 6 horas e 5 minutos respectivamente. A secagem térmica do lodo além de reduzir organismos patogênicos, diminui o teor de umidade tornando viável o seu transporte a maiores distâncias.

A solarização para a região de Curitiba, no Estado do Paraná, não apresentou eficiência de 100% para inviabilização dos ovos de helmintos presentes no lodo de esgoto, acondicionado em leitos de secagem. As temperaturas atingidas na massa de lodo, pelo incremento da solarização, não foram suficientemente altas para eliminar todos os patógenos presentes. Porém, sua utilização em regiões de intensa radiação solar pode apresentar grande eficiência, atingindo temperaturas suficientemente altas para higienização do lodo, ou ainda, pelos baixos custos de implantação, poderá ser adotada como medida de pré-higienização, barateando custos de uma posterior higienização através do método de caleação, reduzindo-se a quantidade de cal aplicada no lodo. A contaminação do lodo por ovos de helmintos está diretamente relacionada às condições de saúde da população, portanto, a união dos órgãos de saúde e saneamento, bem como a utilização de recursos técnicos apropriados devem ser utilizados a fim de unificar critérios e recursos que facilitem a abrangência de áreas comprovadamente endêmicas num programa para tratamento direto da população, solucionando assim, indiretamente a concentração de patógenos no lodo de esgoto, melhorando a qualidade sanitária do produto e facilitando sua utilização em áreas agrícolas. (ANDREOLI et al, 2002).

Em estudo conduzido no Núcleo de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, localizado em Montes Claros, Duarte et al (2008) avaliaram a contaminação por ovos de helmintos, cistos e oocistos de protozoários em compostos orgânicos utilizando lodo de esgoto doméstico e resíduo agropecuário, obtiveram resultados que demonstram que, mesmo após a compostagem de resíduos com biossólido do esgoto doméstico e após o tratamento térmico a 60°C, durante 12 horas, grande número de ovos de helmintos pôde permanecer viável. Sendo mais adequado sua destinação à solos com culturas perenes diminuindo os riscos de contaminação para animais e humanos, não sendo então recomendada para pastagens dos ruminantes, já que os gêneros mais freqüentemente observados foram *Cooperia e Trichostrongylus*, que são nematóides gastrintestinais de ruminantes, nem. para a olericultura ou para a produção de cogumelos comestíveis.

Os maiores danos provocados por adição de resíduo nos solos provém da composição de lodos de Etei e Etea, no que tange aos processos industriais envolvidos, com possibilidades de conterem altas taxas de elementos tóxicos que podem sobremaneira contaminar os solos, a água, toda a fauna no geral, e também estimularem respostas diferenciadas na mobilidade dentro da planta. A mobilidade dos metais pesados e os efeitos de sua interação com diferentes tipos de solos e culturas indicam que medidas preventivas devem ser adotadas para que danos ambientais referentes à cadeia trófica não ocorram.

Políticas públicas visando a saúde da população são necessárias para que o controle da infecção de helmintos em humanos se dê, já que saneamento básico mínimo como água tratada, esgoto canalizado e boas maneiras de higiene são básicos para a manutenção da saúde humana. Isto pode ser ressaltado com a comprovação da infestação de helmintos em humanos, com reflexos no lodo de cidades urbanizadas como Curitiba, que se dá através da ingestão de seus ovos.

2.7. DANOS AMBIENTAIS

Garcia et al (2009) avaliaram os teores dos nutrientes adicionados através do lodo nas folhas de mudas de *Eucalipto*. Os teores de Zn e Cu nas folhas foram diretamente

proporcionais ao aumento das doses do lodo. No entanto os teores de Fe e Bo diminuíram e o teor de Mn permaneceu constante no valor de 51,60 mg.kg⁻¹. O aumento nos teores foliares de Zn e Cu está relacionado ao aporte destes nutrientes, presumindo que o Zn e o Cu fiquem acumulados na fração orgânica. A diminuição dos teores foliares de Fe e Bo, com aumento das doses, refletiu na menor disponibilidade destes nutrientes no solo com a adição de lodo de esgoto. Este resultado está ligado ao valor do pH, pois com a adição de cal para desinfecção do lodo ocorreu maior disponibilidade de bases nos sítios de troca do solo, condicionando assim no aumento do pH.

O aumento dos teores de nutrientes como Zn e Cu nas folhas de Eucalipto chama atenção para o risco da exploração de produtos florestais não madeireiros como, por exemplo, para uso medicinal das folhas ou extração de óleo, caso o nível dos elementos atinja teores tóxicos para os consumidores.

Boscatti et al (2008) avaliaram a qualidade de frutos de tangerina pocã em função de diferentes adubações de cultivo (lodo de esgoto, esterco de curral curtido e sem adubação orgânica, com e sem cobertura vegetal morta). As diferentes adubações utilizadas nos tratamentos promoveram algumas alterações nas variáveis químicas dos frutos. Para os parâmetros pH e sólidos solúveis totais não houve variação significativa de valores. No parâmetro acidez total titulável observaram uma tendência a maiores valores no tratamento utilizando lodo de esgoto e cobertura vegetal (palha), o que torna essa fonte de adubação uma alternativa interessante para a produção de tangerina pocã.

Em diversos resultados nos sites de busca na internet encontra-se esta definição para bioacumulação:

“Bioacumulação é o processo através do qual os seres vivos absorvem e retêm substâncias químicas no seu organismo; podendo ser de forma direta através do ambiente que os envolve (bioconcentração) e indiretamente a partir da alimentação (biomagnificação). Este processo implica várias etapas na cadeia alimentar e diferentes tipos de alimentação. À medida que se sobe no nível trófico maior será a quantidade de químicos acumulados no ser vivo uma vez que este, para além dos compostos que o seu organismo já absorveu, vai ainda concentrar os que provêm da alimentação. Verifica-se que nos animais predadores os valores de concentração são mais elevados que nos animais de que estes se alimentam. Inúmeros são os perigos que advêm para as gerações vindouras, pois ao longo da vida uma mulher armazena poluentes orgânicos persistentes (POPs) nos seus tecidos gordos e liberta parte no momento da gravidez e da amamentação. Assim, diminui as reservas que demoraram décadas a acumularem-se e que passam em pouco tempo para o bebé atingindo-o no período mais vulnerável da sua vida.”

O fator de bioconcentração (BCF, “bioconcentration factor”) de um composto num organismo é o quociente entre a concentração no organismo e a concentração no meio e indica o grau de partição do poluente. As frutas são compartimentos finais de várias substâncias absorvidas do solo pela planta, a estimativa do fator de bioconcentração (BCF) de poluentes em frutas permite estabelecer limites seguros de poluentes em solos. Valores limites de poluentes em lodos podem ser calculados a partir do fator de bioconcentração do poluente em frutas. Os poluentes indicados pela estimativa para monitoramento em frutos de laranjeiras cultivadas com lodo foram: 1,2-diclorobenzeno, 1,3-diclorobenzeno, 1,4-diclorobenzeno, 2,4-dinitrofenol, 3,3-diclorobenzidina e nitrobenzeno (PARAÍBA, et al, 2006).

A Figura abaixo ilustra um agricultor no Espírito Santo fazendo aplicação de resíduo no solo com incentivo do órgão público de Extensão Rural do Espírito Santo, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).



Figura 5. Aplicação do resíduo em goiabeira.

De acordo com Rocha & Shirota (1999) no longo prazo, os metais pesados podem sofrer um processo seletivo de transporte e acumulação, tornando-se potenciais problemas para o ambiente, fauna, flora e também para o homem. A tendência recente na legislação e no desenvolvimento dos processos industriais é na direção do tratamento e eliminação desses elementos na fonte. Isto é, existe um esforço para a disseminação de práticas e processos que eliminem esgotos livres desses contaminantes.

2.8. IMPLICAÇÕES LEGAIS

A legislação acerca da produção, utilização, transporte e armazenamento de resíduos sólidos é vasta, compreende Leis, Decretos, Resoluções, Normas e Manuais, que são utilizados nos países, estados e municípios respeitando o fato que as leis municipais e estaduais devem atender as exigências e restrições das Resoluções Federais.

A legislação federal acerca do tema é contemplada pelas Resoluções n° 375/06, n° 313/02, n° 314/02, n° 316/02, n° 06/88, n° 20/86 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama).

Em anexo, (anexo I) a Resolução Conama 375 de 29 de agosto de 2006, que em seu Art 3°, parágrafo 1°, expõe que esta resolução não se aplica a lodo de estação de tratamento de efluentes industriais, mesmo tendo parâmetros determinados para caracterização do lodo, níveis máximos permitidos de substâncias tóxicas e concentração de organismos patogênicos estipulados para sua devida utilização, além de exigência de adoção de plano de monitoramento.

Abaixo lista-se as Normas da Abnt (Associação Brasileira de Normas Técnicas) sobre procedimentos para o manuseio de resíduos sólidos. Essas normas visam padronizar a utilização de resíduos no território nacional, dispõe sobre a classificação quanto à toxidez do resíduo, terminologias e procedimentos quanto à amostragem, transporte, armazenamento e utilização dos mesmos.

- NBR 10004/87. Resíduos sólidos;
- NBR 10005/87. Lixiviação de resíduos;
- NBR 10006/87. Solubilização de resíduos- procedimentos;

NBR 10007/87. Amostragem de resíduos- procedimento;
NBR 10703/89. Degradação do solo- terminologia;
NBR 12235/88. Armazenamento dos resíduos;
NBR 13221/94. Transporte de Resíduos- procedimentos.

No âmbito estadual São Paulo se destaca no que tange à criação de normas e manuais para utilização do lodo no solo. A Cetesb (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) é hoje incorporada a Susam (Superintendência de Saneamento Ambiental) vinculada à Secretaria de Saúde.

A Cetesb é a agência de saneamento do Governo do Estado de São Paulo responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento ambiental de atividades geradoras de poluição, com a preocupação fundamental de preservar e recuperar a qualidade das águas, do ar e do solo. Com a sanção da Lei 13.542 de agosto de 2009 a Cetesb ganhou novas atribuições e passou a se chamar Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. As Normas técnicas da Cetesb dispõem sobre critérios e métodos de análises, manuseio e utilização de bioensaios em resíduos industriais. Possui também manuais para utilização agrícola de resíduos e um manual exclusivo para utilização de lodo de curtume e determina procedimentos para apresentação de projetos.

O decreto 54.645/09 (Cetesb), a edição mais recente sobre o assunto, no âmbito estadual-Política Estadual dos Resíduos Sólidos, em seu Art 2º, inciso II define como disposição final a última etapa do processo de gerenciamento em que os resíduos sólidos são depositados no solo com a finalidade de reduzir sua nocividade à saúde pública e ao meio ambiente. Este mesmo decreto em seu Art. 16 define o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos como o conjunto de informações oficiais sobre os resíduos sólidos gerados no Estado de São Paulo e determina prazos para os geradores, transportadores e receptores apresentarem à Secretaria do Meio Ambiente.

De acordo com a Cetesb, 1999, a preocupação com a possibilidade de contaminação dos solos com metais pesados levou diversos países a estabelecerem limites máximos dos metais no lodo e taxa de aplicação desses no solo.

O Estado de São Paulo, com uma população de 35 milhões de habitantes, produz 20 mil toneladas de lixo urbano por dia. Um dos grandes desafios ambientais que os Estados enfrentam é de destinar adequadamente os resíduos sólidos industriais.

Segundo inventário realizado pela Cetesb, em 1999, o Estado produz 512.196 toneladas de resíduos sólidos perigosos, dos quais 53% são tratados, 31% armazenados e 16% depositados no solo. Além disso, são produzidas ainda 19.519.026 toneladas de resíduos não inertes e 1.012.899 toneladas de resíduos inertes.

No Distrito Federal, o Artigo 2º, Inciso I da Lei nº 3.581, de 12 de abril de 2005 estabelece princípios, normas e procedimentos para a expedição, distribuição e uso de bioestabilizado, classifica o bioestabilizado por densidade de organismos como coliformes fecais, salmonelas, ovos viáveis de helmintos e vírus; estabelece o Teor Limite e o Limite de Alerta (mg/kg) de matéria seca dos elementos tóxicos permitidos no bioestabilizado para sua utilização em plantios florestais e recuperação de áreas degradadas. Essa lei determina critérios para utilização do bioestabilizado no solo, como aptidão do solo para sua destinação final e uso agrícola, através de laudo emitido por responsável técnico, normaliza a submissão de amostras para análise de concentração de patógenos, metais pesados e teor de cinzas. Além de critérios para utilização para fins florestais, estabelece tempo de pousio antes do plantio de pastagens e outras culturas, distância de residências e fontes de água, declividade permitida e profundidade do solo. O artigo 5º define a taxa de aplicação do bioestabilizado de acordo com o balanço de N contido no bioestabilizado pelo N requerido pela cultura. Além de normas para o

transporte e utilização, exige a descrição total do material e da rota do biossólido até a sua destinação final. E no artigo 13 prevê a criação da Câmara de Gestão do Biossólido, com representantes de instituições governamentais, não-governamentais e privadas, especialistas e pesquisadores. A missão dos mesmos é a de definir todas as atividades técnicas, restrições, indicadores de desempenho, parâmetros técnicos e ações necessárias para o estabelecimento e aperfeiçoamento e atualização de normas de uso do biossólido, com monitoramento contínuo dos resultados, revisões bi-anuais e atualizações anuais à luz de novos conhecimentos e tecnologias desenvolvidas pela pesquisa. Esta lei se encontra na íntegra em anexo. (anexo II.)

Rosa (2004) avaliou características inerentes a aplicação do lodo da indústria têxtil no solo. O estudo não deixou dúvidas quanto ao caráter estimulante da biomassa vegetal, da espécie *Eucalyptus spp* cultivada na mistura lodo-solo, verificou que a microbiologia do solo foi beneficiada em 25 %, e as isotermas de adsorção mostraram reterem grandes quantidades de metais, impedindo uma mobilidade significativa em direção ao lençol freático. No entanto, destaca que a norma NBR-10004 não foi baseada em estudos ambientais e sim, em extrapolações de testes toxicológicos clássicos em laboratórios, feito com camundongos, os quais não têm nenhuma representatividade ambiental.

Zeitouni (2005) em sua dissertação de mestrado faz uma análise crítica sobre Norma Cetesb P 4.230. Suas conclusões indicam que deve haver reestruturação da norma, parcelamento da redução dos níveis de metais pesados, inclusão de valores máximos para compostos orgânicos persistentes, revisão a cada cinco anos na norma, inclusão de helmintos como patógenos e necessidade de realização de pesquisas mais aprofundadas com o nitrogênio no lodo de esgoto. A composição do lodo de esgoto deve seguir os valores orientadores e parâmetros fixados por pesquisas científicas realizadas de preferência no país e também por agências reguladoras como o Environmental Protection Agency, dos Estados Unidos (EPA), por meio da CFR 503 Part 40, que foi a base da elaboração da Norma P 4.230, e normas da União Européia, para disciplinar o seu correto uso.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O aumento da quantidade de resíduo produzido no País demanda em planejamento para sua destinação adequada.

A bacia hidrográfica constitui importante objeto de definição de áreas aptas a receberem florestas plantadas com adição de lodo de Etea e Etei como condicionadores das propriedades do solo.

A utilização de resíduos de Etea, Etei e lodo de esgoto como substrato para mudas deve ser feita de forma criteriosa, afim de não aumentarem os riscos de contaminação de solos de matas ciliares ou aquíferos subterrâneos.

A melhoria de propriedades físicas do solo condiciona o aumento da densidade populacional da fauna do solo.

Faz-se necessário que a aplicação do lodo em plantios florestais seja feita em concernência com a legislação vigente, por técnico habilitado.

A presença de metais pesados no biossólido acima dos teores permitidos é importante restrição para sua utilização em plantios florestais.

Os danos ambientais causados pela aplicação indiscriminada do lodo podem ser sérios, causando bioacumulação, podendo atingir a cadeia trófica.

A legislação vigente, no que tange a aplicação e monitoramento das áreas que recebem resíduos, deve ser orientada por resultados de pesquisas científicas acerca do assunto, com adoção de fiscalização sobre os planos de monitoramento com prazos definidos por critérios lógicos.

É imprescindível que os sítios com florestas plantadas que recebem resíduos de Etea e Etei sejam monitorados, quanto aos teores de metais pesados no lodo, no solo, nas partes aéreas dos indivíduos e no lençol freático.

É necessário que áreas que receberam ou recebem resíduos agroindustriais e industriais recebam devida atenção e sejam monitoradas para que problemas ambientais sejam evitados.

De acordo com o exposto acima, faz-se necessário um maior entrosamento entre os Órgãos Ambientais e as Instituições Públicas de Ensino e Pesquisa. O conhecimento sobre os processos de ordem técnica podem contribuir de forma positiva na complementação de informações para o aprimoramento da legislação a cerca da utilização de resíduos e sua destinação final, para normalizar e disciplinar metodologias de amostragem, classificação, determinação de tempo, intervalos de monitoramento, bem como tornar público os conhecimentos adquiridos pela comunidade científica.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas.**

-----<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF09-BR.asp> Consultado em 8 de julho de 2010.

-----AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO ESTADO DO PARANÁ.

<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=44037&tit=Pesquisa-da-sanepar-mostra-que-lodo-de-esgoto-faz-plantas-crescerem-mais-rapido>

Consultado em 8 de julho de 2010.

ABNT - **Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Consultado em 8 de julho de 2010.

-----<http://www.abnt.org.br/>

ALMEIDA, G. C.; FANHANI, J. C.; D'OLIVEIRA, P. S.; DIAS FILHO, B. P. **Eficiência Dos Processos Químico e Térmico na Higienização de Lodo de Esgoto.** Iniciação Científica Cesumar - Vol 08, n.01, pp. 95-99. Jan./Jun. 2006. Consultado em 8 de julho de 2010.

<http://www.cesumar.br/pesquisa/periodicos/index.php/iccesumar/article/viewArticle/129>

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. **Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Vol.31 n°.4. Viçosa July/Aug. 2007.

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832007000400002&script=sci_arttext&tlng=in

Consultado em 2 de junho de 2010

ANDREOLI, C.V. **Manual de Métodos para Análises Microbiológicas e Parasitológicas em Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto.** SANEPAR, 1998. Consultado em 8 de julho de 2010.

http://portalteses.icict.fiocruz.br/transf.php?script=thes_chap&id=00006508&lng=pt&nr_m=iso Consultado em 20 de maio de 2010.

ANDREOLI, C. V.; CHERUBINI, C.; FERREIRA, A. C. **Inviabilização de ovos de helmintos em lodo de esgoto anaeróbico através da solarização.** Vi Seminário Nacional de Resíduos Sólidos Urbanos Especiais. Gramado, 2002. VI Seminário Nacional de Resíduos Sólidos – Gramado/RS 22 a 25 de setembro de 2002. consultado em 8 de julho de 2010.

http://www.sanepar.com.br/Sanepar/Gecip/Congressos_Seminarios/Lodo_de_Esgoto/Ovos_helmintos_solarizacao.pdf. Consultado em 25 de maio de 2010

Anuário estatístico da ABRAF. Ano base 2009/ABRAF. – Brasília, 2010-140p.

-----<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF-2010-BR.pdf>

Consultado em 8 de julho de 2010.

BETTIOL, W.; AUER, C. G.; KRUGNER, T. L.; PREZOTTO, M. E. M. **Influência de Lodo de Esgoto e de Acículas de Pinus na Formação de Ectomicorrizas em Mudanças de Pinus Caribaea Var. Hondurensis pelos Fungos Pisolithus Tinctorius e Thelephora Tetrestris** Ipef, N.34, P.41-46, Dez, 1986. Consultado em 8 de julho de 2010.

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr34/cap06.pdf>

BIOACUMULAÇÃO. Consultado dia 20 de julho de 2010.

-----<http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0304/Dioxinas/gloss.htm>

BOSCATTI, G. T.; ROMEIRO, J. C. T.; BARBOSA, R. D.; FILHO, H. G. **Parâmetros Químicos da Qualidade de Frutos de Tangerinas “Poncã” (*Citrus Reticulata Blanco*) em Função de Diferentes Adubações de Cobertura**. XX Congresso Brasileiro de Fruticultura. 54th Annual Meeting Of The Interamerican Society for Tropical Horticulture. Vitória/ES. 2008 http://200.137.78.15/cd_XXCBF/paginas/FertilidadeSoloNutriPlantas/20080731_144538.pdf. Consultado em 8 de julho de 2010.

CETESB-COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL **Aplicação de biossólidos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação: norma P 4230**. São Paulo, 1999.

-----<http://www.cetesb.sp.gov.br> CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Consultado em 8 de julho de 2010.

CHAGAS, W. F., **Estudo de Patógenos e Metais em Lodo Digerido Bruto e Higienizado para Fins Agrícolas, das Estações de Tratamento de Esgotos da Ilha do Governador e da Penha no Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação de Pós-graduação da Fundação Oswaldo Cruz / Escola Nacional de Saúde, 2000. Consultado em 15 de maio de 2010.

http://portaldeseres.icict.fiocruz.br/transf.php?script=thes_cover&id=000065&lng=pt&nrm=iso

CHERUBINI, C.; FERREIRA, A. C.; TELES, C. R.; ANDREOLI, C. V. **Avaliação de parâmetros para desinfecção e secagem do lodo de esgoto através da temperatura**. I Seminário Nacional De Microbiologia Aplicada Ao Saneamento. Estudo desenvolvido no Âmbito do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico–Prosab 2. Vitória, ES, 2000.

[Sanepar/Gecip/Congressos Seminarios/Lodo de Esgoto/desinfeccao_secagem.pdf](http://Sanepar/Gecip/Congressos_Seminarios/Lodo_de_Esgoto/desinfeccao_secagem.pdf)

Consultado em 8 de julho de 2010.

CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T. **Efeito de Diferentes Substratos sobre o Desenvolvimento de Mudas de *Acacia* sp**. Revista Árvore, Viçosa-Mg, V.30, N.2, P.207-214, 2006. Consultado em 8 de julho de 2010.

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-7622006000200007&script=sci_abstract&tlng=pt

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**. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.5, p.1279-7285, ago, 2008. Consultado em 8 de julho de 2010.

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782008000500012&script=sci_arttext&tlng=es

FRANCZAK, D. D.; RONDON NETO, R. M. ROSA, T. F. D.; LIMA, V. S. **Adição de Dosagens de Lodo de Curtume em Substrato Comercial para Produção de Mudas de Caroba (*Jacaranda Cuspidifolia* Mart.)**. VI Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas Materiais Regionais como Substrato, - Fortaleza – CE, 2008. Consultado em 8 de julho de 2010. http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_13.pdf Consultado em 8 de julho de 2010.

GALDOS M. V., MARIA, I. C. & CAMARGO, O. A. **Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto**. R. Bras. Ci. Solo 28(3):569-577. 2004. consultado em 8 de julho de 2010.

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-6832004000300017&script=sci_abstract&tlng=pt

GARCIA, G. O.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C.; NAZÁRIO, A. A.; REIS, E. F. **Análise Nutricional de Mudanças de Eucalipto Submetidas à Aplicação de Lodo de Esgoto Doméstico**. Engenharia Ambiental - Espir I To Santo Do Pinhal , V. 6, N. 3, P. 275-290, Set/Dez 2009. consultado em 8 de julho de 2010.

<http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=305&layout=abstract>

GUIMARÃES, R.C.M.; CRUZ, M. C. P.; TANIGUCHI, C. A. K. **Atributos Químicos em Solos Tratados com Lodo Biológico de Indústria de Gelatina**. Revista EPeQ/ Fafibe, 1ª. Ed., vol.01, SP, 2009. consultado em 8 de julho de 2010.

<http://www.fafibe.br/revistasonline/arquivos/revistaepqfafibe/sumario/3/14042010142322.pdf>

-----INCAPER- **Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural**
Consultado em 8 de julho de 2010.

http://www.google.com.br/imgres?imgurl=http://www.incaper.es.gov.br/noticias/images_2009/novembro/20_11_2009_1.jpg&imgrefurl=http://www.incaper.es.gov.br/%3Fa%3Dnoticias/2009/dezembro/noticias_04_12_2009&usq=npNHqFJxVJ7nDygAvjLJPpeMJ18=&h=376&w=500&sz=43&hl=pt-BR&start=3&itbs=1&tbnid=1MznYCP_GbwBbM:&tbnh=98&tbnw=130&prev=/images%3Fq%3Dlodo%2Besp%25C3%25ADrito%2Bsanto%2Bgoiabeira%26hl%3Dpt-BR%26lr%3D%26sa%3DN%26tbs%3Disch:1

KRIEGER, E. F. **Avaliação da contaminação das águas subterrâneas na área de influência da usina de tratamento de resíduos s.a. UTRESA, em Estância Velha (RS)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, 2000. <http://hdl.handle.net/10183/3062melo> consultado em 5 de julho

LIMA, W. P.; **Efeitos Hidrológicos do Manejo de Florestas Plantadas. As Florestas Plantadas e a Água - Implementando o Conceito da Microbacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento**. Cnpq. Cap 2, p 24-25. Rima, 2006.

MAIA, C. M. B. F. **Uso De Casca De Pinus E Lodo Biológico Como Substrato Para Produção De Mudanças De Pinus Taeda**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, N. 39, P.81-92, Jul./Dez. 1999. consultado em 5 de julho

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CNPF-2009-09/4975/1/maia.pdf>

MALDONADO, C. A. B. **Biossólido na Implantação da Cultura da Pupunheira: Efeitos na Precocidade, na Produção e nos Teores de Nutrientes e Metais Pesados do Palmito**. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação do Instituto Agrônomo (IAC), Campinas, SP. 2005. <http://www.iac.sp.gov.br/PosIAC/pdf/pb1805103.pdf> consultado em 5 de julho

MALTA, T. S.. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura: estudo do caso do município de Rio das Ostras - RJ.** [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2001.

MANZOCHI, C. I. S; **Logística para Tratamento e Disposição Final de Lodos de ETE's Visando Reciclagem Agrícola.** Universidade Federal de Santa Catarina Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis/SC. 2008. <http://www.tede.ufsc.br/teses/PGEA0323-T.pdf> Consultado em 5de julho.

MATOS, A. T. **Curso Sobre Tratamento de Resíduos Agroindustriais.** Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental/UFV Fundação Estadual do Meio Ambiente Maio de 2005. <http://www.ufv.br/dec/simea/apresentacoes/CursoMatosFEAM2005.pdf>

MELO MARQUES, T. C. L. L; MOREIRA, F.M. S; SIQUEIRA, J. O. **Crescimento e Teor de Metais de Mudanças de Espécies Arbóreas Cultivadas em Solo Contaminado com Metais Pesados.** Pesq. agropec. bras. vol.35 n°1, Brasília. 2000. Consultado em 5de julho de 2010 http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2000000100015

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C. **Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto.** Revista Brasileira de Ciênc. Solo: 28:2:385-392, 2004. <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n2/20221.pdf> Consultado em 5de julho de 2010.

OLIVEIRA, A. S; NIKAIDO, M; CELERE, M. S; SMIDT, M.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. **Importância do biossólido gerado no sistema de tratamento de esgoto por lodos ativados, enfoque para a cidade de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.** O Mundo da Saúde. São Paulo: 2006: out/dez 30 (4): 634-643 635. www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22133/.../AlineDaSilvaOliveira.pdf

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. **Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar.** Scientia Agrícola, v.58, n.4, p.807-812, out./dez. 2001. <http://www.rbgdr.net/032007/artigo7.pdf> Consultado em 08 de julho de 2010.

PAGANINI, W. S.; SOUZA, A.; BOCCHIGLIERI, M. M. **Avaliação do Comportamento de Metais Pesados no Tratamento de Esgotos por Disposição no Solo.** Eng. Sanit. Ambient. 225, 2004.

PAIVA, A. V.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L. P.; FERRAZ, A. V. **Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 499-511, dez. 2009.

PARAÍBA, L. C.; BOEIRA, R. C.; JONSSON, C. M.; CARRASCO, J. M. **Fator de Bioconcentração de Poluentes Orgânicos de Lodos em Frutos de Laranjeiras.** Pesticidas: R.Ecotoxicol. E Meio Ambiente, Curitiba, V. 16, P. 125-134, Jan./Dez. 2006. <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/pesticidas/article/viewFile/7487/5355>

PAULINO, R. C; CASTRO, E. A; THOMAZ-SOCCOL, V. **Tratamento anaeróbio de esgoto e sua eficiência na redução da viabilidade de ovos de helmintos.** Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical Rev. Soc. Bras. Med. Trop.vol.34. n° 5. Uberaba. SP. 2001. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0037-86822001000500004&script=sci_arttext&tlng=es
Consultado em 5de julho

PINHEIRO, H. S. K.; FONTE, R. N.; SOUZA, L. O.; ZONTA, E.; FREIRE, L. R. **Aplicação de Lodo de Ete e seus efeitos sobre a Densidade e População de Nematóides do Solo.** XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Fortaleza, 2009.

PIRES, A. M. M. **Uso Agrícola Do Lodo De Esgoto: Aspectos Legais.** Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 2006. consultado em 5de julho
<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr84/cap18.pdf>

ROCHA, G. N; GONÇALVES, J. L. M; MOURA, I. M. **Mudanças da Fertilidade do Solo e Crescimento de um Povoamento de *Eucalyptus Grandis* Fertilizado com Biossólido.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:623-639, 2004.
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-6832004000400005&script=sci_abstract&tlng=pt

ROCHA, M. T; SHIROTA, R. **Disposição Final de Lodo de Esgoto.** Publicado na Revista de estudos ambientais, v.1, n.3, set/dez 1999. consultado em consultado em 5de julho de 2010.
http://www.renovaveis.hpg.ig.com.br/temas/biomassa/disposicao_final_de_lodo_de_esgoto.pdf

ROSA, E. V. C. **Reaproveitamento De Lodo Têxtil em Solo Florestal: Estudos dos Aspectos Físico-Químicos, Agrônômicos E Ecotoxicológicos.** Universidade Federal de Santa Catarina Centro de Ciências Físicas e Matemáticas Departamento de Química Florianópolis, Sc, 2004. Consultado em 5de julho de 2010.
<http://www.tede.ufsc.br/teses/PQMC0322.pdf>

-----SANEPAR - **Companhia de Saneamento do Paraná.**
<http://www.sanepar.com.br/sanepar/calandrakbx/calandra.nsf/0/1335E061E927FB3B8325703300496D80?OpenDocument&pub=T&proj=InternetSanepar> Consultado em 5de julho de 2010.

SCHIRMER, G. K. **Utilização do Lodo de Esgoto na Vermicompostagem e como Substrato para a Produção de Mudanças de *Pinus Elliottii* Engelm.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Santa Maria, RS, Brasil. 2010. Consultado em 5de julho de 2010.
<http://w3.ufsm.br/ppgcs/disserta%20E7%20F5es%20e%20teses/DISSERTA%20C7%20C3O%20GUILHERME%20KARSTEN%20SCHIRMER%202010%20PPGCS%20-.pdf>

SETTE JUNIOR, C. R.; LOUSADA, J. L.; LACLAU, J. P. **Efeito da Aplicação de Fertilização Nitrogenada e Lodo de Esgoto nas características da Madeira Juvenil de Árvores de *Eucalliptus grandis*.** Cerne, Lavras, v. 15, n. 3, p. 303-312, jul./set. 2009.
<http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/27-10-2009560707%20artigo%20634.pdf>
Consultado em 5de julho de 2010.

SILVA, M. B.; EGLER, S. G.; CESAR, R. G. **Biodisponibilidade de Contaminantes em Solos Tropicais Acrescidos de Lodo de Esgoto Utilizando Bioensaios com Oligoquetas.** XVII Jornada de Iniciação Científica–CETEM 269, 2009. Consultado em 5de julho de 2010.
http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XVII_jic_2009/Marianna_Barbosa_da_Silva.pdf

SILVA, M. P. H.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Volume De Madeira e Concentração Foliar De Nutrientes Em Parcelas Experimentais de *Eucalyptus Grandis* Fertilizadas com Lodos de Esgoto Úmido e Seco.** Revista Árvore, Viçosa-Mg, V.32, N.5, P.845-854, 2008 <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v32n5/09.pdf>
Consultado em 5de julho de 2010.

SBS- **Sociedade Brasileira De Silvicultura.** Acesso em 07 de julho de 2010.
-----http://www.sbs.org.br/destaques_POSITIONPAPER.pdf

TRIGUEIRO, R. M. **Uso de Biossólidos como Substrato para Produção de Mudanças de Pinus a Eucalipto.** Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu – SP, 2002. <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr64/cap13.pdf>
consultado em 5de julho de 2010.

TRINDADE, P. T. **Seleção de áreas para Disposição do Lodo no Distrito Federal com Base na Legislação Vigente. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3109-3116.

TSUTIYA, M. T. **Metais Pesados: O Principal Fator Limitante para o Uso Agrícola de Biossólidos das Estações de Tratamento de Esgotos.** 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio, 1999. Consultado em 5de julho de 2010.
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/i-140.pdf>

XAVIER, G. R.; ZILI, J. E.; SILVA, F. V.; SALLES, J. F.; RUMJANEK, N. G. **O papel da Ecologia Microbiana e da Qualidade do Solo na Sustentabilidade dos Agrossistemas.** Embrapa. Processos Biológicos no Sistema Solo-Planta. Ferramentas para uma Agricultura Sustentável. Cap 2 pg 31. Brasília, DF, 2005.

ZEITOUNI, R. F. **Aplicação De Lodos De Sistemas De Tratamento Biológico Em Áreas Agrícolas – Critérios Para Projeto E Operação, Análise Crítica Da Norma Cetesb P 4.230** – Dissertação Apresentada Ao Instituto Agrônomo De Campinas Para Obtenção Do Título De Mestre Em Agricultura Tropical E Subtropical – Área De Concentração Em Gestão Dos Recursos Agroambientais. Campinas, fevereiro de 2005.

ZERBINI, A. M.; CHERNICHARO, C. A. L.; VIANA, E. M. **Estudo da Remoção de Ovos de Helmintos e Indicadores Bacterianos em um Sistema de Tratamento de Esgotos Domésticos por Reator Anaeróbio e Aplicação Superficial no Solo.** 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.

ANEXO

ANEXO I

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

RESOLUÇÃO N° 375 , DE 29 DE AGOSTO DE 2006

Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

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;

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 no art. 11, Tabelas 2 e 3, desta Resolução.

Parágrafo único. Não poderão ser misturados lodos de esgoto que não atendam as características definidas no art. 11, Tabelas 2 e 3, desta Resolução.

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, definidos no art. 11, Tabela 2, desta Resolução.

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.

§ 1o Para a caracterização do potencial agronômico do lodo de esgoto ou produto derivado deverão ser determinados, de acordo com os Anexos II, III e IV desta Resolução, os seguintes parâmetros:

- I - carbono orgânico;
- II - fósforo total;
- III - nitrogênio Kjeldahl;
- IV - nitrogênio amoniacal;
- V - nitrogênio nitrato/nitrito;
- VI - pH em água (1:10);
- VII - potássio total;
- VIII - sódio total;
- IX - enxofre total;
- X - cálcio total;
- XI - magnésio total;
- XII - umidade; e
- XIII - sólidos voláteis e totais.

§ 2o Para a caracterização química do lodo de esgoto ou produto derivado quanto à presença de substâncias inorgânicas, deverão ser determinadas, de acordo com os Anexos II e IV desta Resolução, as seguintes substâncias:

- I - Arsênio;
- II - Bário;
- III - Cádmiio;
- IV - Chumbo;
- V - Cobre;
- VI - Cromo;
- VII - Mercúrio;
- VIII - Molibdênio;
- IX - Níquel;
- X - Selênio; e
- XI - Zinco.

§ 3o Para a caracterização química do lodo de esgoto ou produto derivado quanto à presença de substâncias orgânicas, deverão ser determinadas, de acordo com os Anexos II e IV desta Resolução, as substâncias indicadas na Tabela 1 do Anexo V desta Resolução, inclusive quantitativamente.

§ 4o Em função das características específicas da bacia de esgotamento sanitário e dos efluentes recebidos, as UGLs poderão requerer, junto ao órgão ambiental competente, dispensa ou alteração da lista de substâncias orgânicas a serem analisadas nos lotes de lodo de esgoto ou produto derivado.

§ 5o Para a caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado quanto à presença de agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos, deverão ser determinadas, de acordo com

os Anexos II e IV desta Resolução, e as concentrações de:

- I - coliformes termotolerantes;
- II - ovos viáveis de helmintos;
- III - *Salmonella*; e
- IV - vírus entéricos.

§ 6º Para fins de utilização agrícola, o lodo de esgoto ou produto derivado será considerado estável se a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais for inferior a 0,70.

Art. 8º O órgão ambiental competente poderá solicitar, mediante motivação, outros ensaios e análises não listados nesta Resolução.

Parágrafo único. Em função das características específicas da bacia de esgotamento sanitário e dos efluentes recebidos, as UGLs poderão requerer, junto ao órgão ambiental competente, dispensa ou alteração da lista de substâncias a serem analisadas nos lotes de lodo de esgoto ou produto derivado.

Art. 9º A aplicação de lodo de esgoto e produtos derivados no solo agrícola somente poderá ocorrer mediante a existência de uma UGL devidamente licenciada pelo órgão ambiental competente.

§ 1º O licenciamento ambiental da UGL deve obedecer aos mesmos procedimentos adotados para as atividades potencialmente poluidoras e/ou modificadoras do meio ambiente, exigidos pelos órgãos ambientais competentes.

§ 2º O licenciamento ambiental da UGL contemplará obrigatoriamente as áreas de aplicação.

§ 3º O processo de licenciamento deve prever mecanismos de prestação de informações à população da localidade em que será utilizado o lodo de esgoto ou produto derivado sobre:

- I - os benefícios;
- II - riscos;
- III - tipo e classe de lodo de esgoto ou produto derivado empregado;
- IV - critérios de aplicação;
- V - procedimentos para evitar a contaminação do meio ambiente e do homem por organismos patogênicos; e
- IV - o controle de proliferação de animais vetores.

Seção II

Da Frequência de Monitoramento do Lodo de Esgoto ou Produto Derivado

Art. 10. O monitoramento das características do lodo de esgoto ou produto derivado deverá ser implementado de acordo com os critérios de frequência definidos na Tabela 1.

Tabela 1. Frequência de monitoramento

Quantidade de lodo de esgoto ou produto derivado destinado para aplicação na agricultura em toneladas/ano (base seca)

Frequência de monitoramento até 60 anual, preferencialmente anterior ao período de maior demanda pelo lodo de esgoto ou produto derivado de 60 a 240 semestral, preferencialmente anterior aos períodos de maior demanda pelo lodo de esgoto ou produto derivado

§ 1º A caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado, representada por amostragem, é válida exclusivamente para o lote gerado no período compreendido entre esta amostragem e a subsequente.

§ 2o Caso os valores para substâncias potencialmente tóxicas alcancem 80% dos limites estabelecidos por esta Resolução, a frequência de monitoramento deverá ser aumentada, segundo parâmetros definidos pelo órgão ambiental competente, e a UGL deverá implementar as medidas adequadas para reduzir estes valores.

§ 3o A critério do órgão ambiental licenciador, em conjunto com os órgãos de saúde e de agricultura competentes, as frequências de amostragem podem ser aumentadas, devidamente justificadas.

§ 4o As análises químicas e biológicas previstas nesta Resolução devem ser realizadas em laboratórios que adotem os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

§ 5o Os lotes de lodo de esgoto ou produto derivado, para uso agrícola que não se enquadrarem nos limites e critérios definidos nesta resolução deverão receber outra forma de destinação final, devidamente detalhada no processo de licenciamento ambiental e aprovada pelo órgão ambiental licenciador.

Seção III

Requisitos Mínimos de Qualidade do Lodo de Esgoto ou Produto Derivado Destinado a Agricultura

Art. 11. Os lotes de lodo de esgoto e de produtos derivados, para o uso agrícola, devem respeitar os limites máximos de concentração das Tabelas 2 e 3, a seguir especificadas:

Tabela 2. Lodos de esgoto ou produto derivado - substâncias inorgânicas

Substâncias Inorgânicas

Concentração Máxima permitida no lodo de esgoto ou produto derivado (mg/kg, base seca)

Arsênio

41

Bário

1300

Cádmio

39

Chumbo

300

Cobre

1500

Cromio

1000

Mercúrio

17

Molibdênio

50

Níquel

420

Selênio

100

Zinco

2800

Tabela 3. Classes de lodo de esgoto ou produto derivado - agentes patogênicos

Tipo de lodo de esgoto ou produto derivado

Concentração de patógenos

A

Coliformes Termotolerantes <103 NMP / g de ST
Ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo / g de ST
Salmonella ausência em 10 g de ST
Vírus < 0,25 UFP ou UFF / g de ST

B

Coliformes Termotolerantes <106 NMP / g de ST
Ovos viáveis de helmintos < 10 ovos / g de ST
ST: Sólidos Totais
NMP: Número Mais Provável
UFF: Unidade Formadora de Foco
UFP: Unidade Formadora de Placa

§ 1o Decorridos 5 anos a partir da data de publicação desta Resolução, somente será permitida a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado classe A, exceto sejam propostos novos critérios ou limites baseados em estudos de avaliação de risco e dados epidemiológicos nacionais, que demonstrem a segurança do uso do lodo de esgoto Classe B.

§ 2o As UGLs terão, após a data de publicação desta Resolução, 18 meses para se adequarem a esta Resolução.

Seção IV

Das Culturas Aptas a Receberem Lodo de Esgoto ou Produto Derivado

Art 12. É proibida a utilização de qualquer classe de lodo de esgoto ou produto derivado em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo.

§ 1o Em solos onde for aplicado lodo de esgoto ou produto derivado, as pastagens poderão ser implantadas após um período mínimo de 24 meses da última aplicação.

§ 2o Em solos onde for aplicado lodo de esgoto ou produto derivado, somente poderão ser cultivadas olerícolas, tubérculos, raízes e demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo bem como cultivos inundáveis, após um período mínimo de 48 meses da última aplicação.

Art. 13. Lodos de esgoto ou produto derivado enquadrados como classe A poderão ser utilizados para quaisquer culturas, respeitadas as restrições previstas nos arts. 12 e 15 desta Resolução.

Art. 14. A utilização de 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, respeitadas as restrições previstas no art. 15 e no inciso XI, do art. 18 desta Resolução.

Seção V

Das Restrições Locacionais e da Aptidão do Solo das Áreas de Aplicação

Art. 15. Não será permitida a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado:

I - em unidades de conservação, com exceção das Áreas de Proteção Ambiental-APA;

II - em Área de Preservação Permanente-APP;

III - em Áreas de Proteção aos Mananciais-APMs definidas por legislações estaduais e municipais e em outras áreas de captação de água para abastecimento público, a critério do órgão ambiental competente;

IV - no interior da Zona de Transporte para fontes de águas minerais, balneários e estâncias de águas minerais e potáveis de mesa, definidos na Portaria DNPM no 231, de 1998;

V - num raio mínimo de 100 m de poços rasos e residências, podendo este limite ser ampliado para garantir que não ocorram incômodos à vizinhança;

VI - numa distância mínima de 15 (quinze) metros de vias de domínio público e drenos interceptadores e divisores de águas superficiais de jusante e de trincheiras drenantes de águas subterrâneas e superficiais;

VII - em área agrícola cuja declividade das parcelas ultrapasse:

a) 10% no caso de aplicação superficial sem incorporação;

b) 15% no caso de aplicação superficial com incorporação;

c) 18% no caso de aplicação subsuperficial e em sulcos, e no caso de aplicação superficial sem incorporação em áreas para produção florestal;

d) 25% no caso de aplicação em covas;

VIII - em parcelas com solos com menos de 50 cm de espessura até o horizonte C;

IX - em áreas onde a profundidade do nível do aquífero freático seja inferior a 1,5 m na cota mais baixa do terreno; e

X - em áreas agrícolas definidas como não adequadas por decisão motivada dos órgãos ambientais e de agricultura competentes.

§ 1º O lodo de esgoto ou produto derivado poderão ser utilizados na zona de amortecimento de unidades de conservação, desde que sejam respeitados as restrições e os cuidados de aplicação previstas nesta Resolução, bem como restrições previstas no Plano de Manejo, mediante prévia autorização do órgão responsável pela administração da unidade de conservação.

§ 2º No caso da identificação de qualquer efeito adverso decorrente da aplicação de lodos de esgoto ou produto derivado realizada em conformidade com esta Resolução, e com vistas a proteger a saúde humana e o ambiente, as autoridades competentes deverão estabelecer, imediatamente após a mencionada identificação, requisitos complementares aos padrões e critérios insertos nesta Resolução.

Seção VI

Do Projeto Agrônômico e das Condições de Uso

Art. 16. Toda aplicação de lodo de esgoto e produtos derivados em solos agrícolas deve ser obrigatoriamente condicionada à elaboração de um projeto agrônômico para as áreas de aplicação, conforme roteiro constante do Anexo VIII desta Resolução, firmado por profissional devidamente habilitado, que atenda aos critérios e procedimentos ora estabelecidos.

Parágrafo único. A UGL deverá encaminhar ao proprietário e ao arrendatário ou administrador da área, declaração baseada no modelo constante do Anexo VI desta Resolução, contendo informações sobre as características do lodo de esgoto ou produto derivado, em especial quanto ao

Seção VII

Da Aplicação

Art 17. Deverá ser adotado, para a taxa de aplicação máxima em base seca, o menor valor calculado de acordo com os seguintes critérios:

I - a aplicação máxima anual de lodo de esgoto e produtos derivados em toneladas por hectare não deverá exceder o quociente entre a quantidade de nitrogênio recomendada para a

cultura (em kg/ha), segundo a recomendação agronômica oficial do Estado, e o teor de nitrogênio disponível no lodo de esgoto ou produto derivado (N_{disp} em kg/t), calculado de acordo com o Anexo III desta Resolução;

N recomendado (kg/ha)

Taxa de aplicação (t/ha)

=

N_{disp} (kg/t)

II - o cálculo da taxa de aplicação máxima anual deverá levar em conta os resultados dos ensaios de elevação de pH provocado pelo lodo de esgoto ou produto derivado constantes do Anexo II desta Resolução, no solo predominante na região de modo a garantir que o pH final da mistura solo-lodo de esgoto ou produto derivado não ultrapasse o limite de 7,0; e

III - observância dos limites de carga total acumulada teórica no solo quanto à aplicação de substâncias inorgânicas, considerando a Tabela 4, a seguir:

Tabela 4. Cargas acumuladas teóricas permitidas de substâncias inorgânicas pela aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado em solos agrícolas.

Substâncias inorgânicas

Carga acumulada teórica permitida de substâncias inorgânicas pela aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado (kg/ha)

Arsênio

30

Bário

265

Cádmio

4

Chumbo

41

Cobre

137

Cromio

154

Mercúrio

1,2

Molibdênio

13

Níquel

74

Selênio

13

Zinco

445

Art. 18. Para o manuseio e a aplicação do lodo de esgoto e seus produtos derivados, a UGL deverá informar ao proprietário, arrendatário, operadores e transportadores as seguintes exigências:

I - restrições de uso da área e do lodo de esgoto ou produto derivado;

II - limites da área de aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado estabelecidos no projeto agrônômico;

III - técnicas e práticas adequadas de conservação de solo e água;

- IV - não aplicar lodo de esgoto ou produto derivado em condições de chuvas;
- V - evitar a aplicação manual de lodo de esgoto ou produto derivado classe A;
- VI - para o lodo de esgoto ou produto derivado classe B fazer obrigatoriamente a aplicação mecanizada, em sulcos ou covas, com incorporação do lodo de esgoto ou produto derivado logo após a aplicação;
- VII - orientar os operadores quanto aos procedimentos de higiene e segurança e ao uso de equipamentos de proteção individual conforme legislação trabalhista;
- VIII - usar equipamento adequado e regulado de forma a garantir a taxa de aplicação prevista no projeto;
- IX - evitar a realização de cultivo ou outro trabalho manual na área que recebeu o lodo de esgoto ou produto derivado, por um período de 30 dias após a aplicação;
- X - em caso de colheita manual, a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado classe B deverá ser feita no mínimo 6 meses antes da colheita;
- XI - para o lodo de esgoto ou produto derivado classe B, tomar medidas adequadas para restringir o acesso do público às áreas de aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado, durante um período de 12 meses após a última aplicação. Estas medidas devem, necessariamente, incluir a colocação de sinalização indicando as atividades que estão sendo realizadas em cada local; e
- XII - o proprietário ou arrendatário deve notificar quaisquer situações de desconformidade com a execução do projeto agrônômico à UGL que deverá informar imediatamente aos órgãos competentes.

Seção VIII

Do Carregamento, Transporte e Estocagem

Art. 19. A UGL é responsável pelo procedimento de carregamento e transporte do lodo de esgoto ou produto derivado, devendo respeitar o disposto no Anexo VII desta Resolução.

Art. 20. A estocagem do lodo de esgoto ou produto derivado na propriedade deve se restringir a um período máximo de 15 dias, devendo atender aos seguintes critérios:

- I - a declividade da área de estocagem não pode ser superior a 5%; e
- II - a distância mínima do local de estocagem a rios, poços, minas e cursos d'água, canais, lagos e residências deverá respeitar o disposto no art. 15 desta Resolução.

Parágrafo único. É proibida a estocagem diretamente sobre o solo de lodo de esgoto ou produto derivado contendo líquidos livres, cuja identificação deverá ser feita pela norma brasileira vigente.

Seção IX

Do Monitoramento das Áreas de Aplicação do Lodo de Esgoto ou Produto Derivado

Art. 21. A UGL caracterizará o solo agrícola deverá ser caracterizado pela UGL, antes da primeira aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado, observando o constante nos Anexos II e IV, quanto:

- I - aos parâmetros de fertilidade;
- II - sódio trocável;
- III - condutividade elétrica; e
- IV - substâncias inorgânicas.

§ 1º A utilização da área proposta para aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado dependerá da avaliação da qualidade do solo, realizada mediante a comparação dos

resultados analíticos com valores orientadores de qualidade de solo, a critério do órgão ambiental competente.

§ 2o Para substâncias orgânicas, as concentrações permitidas no solo são as constantes na Tabela 2 do Anexo V desta Resolução.

§ 3o O monitoramento dos parâmetros de fertilidade do solo deve ser realizado, no mínimo a cada 3 anos, quando houver aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado na área em questão.

§ 4o O monitoramento dos parâmetros de fertilidade do solo deverá ser realizado antes de cada aplicação, no caso de lodo de esgoto ou produto derivado com estabilização alcalina.

§ 5o O monitoramento de substâncias inorgânicas no solo deverá ser realizado nos seguintes casos:

I - a cada aplicação, sempre que estas substâncias inorgânicas forem consideradas poluentes limitantes da taxa de aplicação;

II - quando a carga acumulada teórica adicionada para qualquer uma das substâncias inorgânicas monitoradas alcançar 80% da carga acumulada teórica permitida estabelecida na Tabela 4, do art. 17 desta Resolução, para verificar se as aplicações subseqüentes são apropriadas; e

III - a cada 5 aplicações, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do solo.

§ 6o O monitoramento de substâncias orgânicas no solo deverá ser realizado sempre que estas substâncias forem detectadas na caracterização do lote de lodo de esgoto ou produto derivado, devendo ser observadas as concentrações constantes da Tabela 2, do Anexo V, e os Anexos II e IV desta Resolução, sendo que a frequência deste monitoramento deve ser estabelecida pelo órgão ambiental competente.

§ 7o A critério do órgão ambiental competente, podem ser requeridos monitoramentos adicionais, incluindo-se o monitoramento das águas subterrâneas ou de cursos d'água superficiais.

Art. 22. A aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado na agricultura deve ser interrompida nos locais em que forem verificados danos ambientais ou à saúde pública.

Seção X

Das Responsabilidades

Art. 23. São de responsabilidade do gerador e da UGL o gerenciamento e o monitoramento do uso agrícola do lodo de esgoto ou produto derivado.

§ 1o Os resultados dos monitoramentos previstos nesta Resolução poderão a qualquer momento, ser auditados pelo órgão ambiental.

§ 2o Quando comprovado o uso do lodo de esgoto ou produto com negligência, imprudência, Imperícia, má-fé ou inobservância dos critérios e procedimentos previstos nesta Resolução, a responsabilidade será de seu autor.

Art. 24. São considerados responsáveis solidários pela qualidade do solo e das águas em áreas onde será aplicado o lodo de esgoto ou produto derivado:

I - o gerador do lodo de esgoto ou produto derivado;

II - a UGL que encaminhar o lodo de esgoto ou produto derivado para aplicação no solo;

III - o proprietário da área de aplicação;

IV - o detentor da posse efetiva;

V - o técnico responsável;

- VI - o transportador; e
- VII - quem se beneficiar diretamente da aplicação.

Art. 25. O produtor, o manipulador, o transportador e o responsável técnico pelas áreas licenciadas, que irão receber aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado, deverão informar imediatamente ao órgão ambiental competente qualquer acidente ou fato potencialmente gerador de um acidente ocorrido nos processos de produção, manipulação, transporte e aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado, que importem em despejo acidental de lodo de esgoto ou produto derivado no meio ambiente.

Capítulo XI

Das Disposições Finais

Art 26. Para fins de fiscalização, a UGL deverá manter em arquivo todos os documentos referidos nesta Resolução, em especial os projetos agrônômicos, relatórios e resultados de análises e monitoramento, por um prazo mínimo de dez anos.

Parágrafo único. Em caso de falência, dissolução ou liquidação da UGL, os documentos devem ser entregues ao órgão ambiental para serem apensados ao processo de licenciamento.

Art. 27. As informações previstas nesta Resolução integrarão um banco de dados, organizado e mantido pelo órgão ambiental licenciador, que deverá garantir a ampla divulgação e utilização de seus dados.

§ 1º A UGL deverá encaminhar ao órgão ambiental licenciador os resultados dos monitoramentos de solo e lodo de esgoto.

§ 2º A UGL deverá informar, anualmente, ao órgão ambiental licenciador as propriedades que receberam o lodo de esgoto, produtos derivados e respectivas quantidades, que deverá torná-los públicos, preferencialmente por meio eletrônico.

§ 3º Os órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA estabelecerão, no prazo de noventa dias, a contar da data de publicação desta Resolução, instrução normativa no âmbito de sua competência, contemplando as informações que deverão ser encaminhadas pela UGL.

Art. 28. Os critérios técnicos adotados nesta Resolução poderão ser reformulados e/ou complementados a qualquer tempo de acordo com o desenvolvimento científico e tecnológico e a necessidade de preservação ambiental, saúde pública e manejo sustentável do solo, devendo ser revisada obrigatoriamente no sétimo ano de sua publicação.

Art. 29. O Ministério do Meio Ambiente coordenará grupo de monitoramento permanente para o acompanhamento desta Resolução, que deverá se reunir ao menos anualmente, contando com a participação de um representante e respectivo suplente dos órgãos de :

- I - saúde;
- II - agricultura;
- III - meio ambiente;
- IV - planejamento territorial das diferentes esferas de governo;
- V - de instituições de pesquisa e de ensino;
- VI - dos geradores de lodo de esgoto ou produto derivado;
- VII - das UGLs;
- VIII - das entidades representativas dos órgãos estaduais de meio ambiente;

- IX - dos órgãos municipais de meio ambiente; e
- X - das organizações não governamentais de meio ambiente.

Parágrafo único. O grupo de monitoramento de que trata o *caput* deste artigo deverá produzir e apresentar anualmente ao CONAMA relatório contendo recomendações que visem ao aperfeiçoamento desta Resolução.

Art. 30. O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às penalidades e sanções, respectivamente, previstas na Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e no Decreto no 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Art. 31. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

MARINA SILVA

ANEXO I

PROCESSOS PARA REDUÇÃO DE AGENTES PATOGÊNICOS E ATRATIVIDADE DE VETORES

A descrição dos processos de redução significativa de patógenos, redução adicional de patógenos e atratividade de vetores apresentados a seguir, foram baseados no estabelecido pela U.S.EPA, conforme 40 CFR Part 503 - Appendix B, Federal Register, de 19 de fevereiro de 1993. As listas abaixo relacionam os processos aceitos para redução significativa de patógenos (necessários para a obtenção de lodos de esgoto ou produto derivado tipo B), redução adicional de patógenos (necessários para a obtenção de lodos de esgoto ou produto derivado tipo A) e redução da atratividade de vetores. Outros processos poderão ser propostos, desde que haja comprovação de sua eficiência e seja aceito pelo órgão ambiental.

1. Processos de Redução Significativa de Patógenos

- a) digestão aeróbia - a ar ou oxigênio, com retenções mínimas de 40 dias a 20°C ou por 60 dias a 15°C;
- b) secagem em leitos de areia ou em bacias, pavimentadas ou não, durante um período mínimo de 3 meses;
- c) digestão anaeróbia por um período mínimo de 15 dias a 35-55°C ou de 60 dias a 20°C;
- d) compostagem por qualquer um dos métodos citados anteriormente, desde que a biomassa atinja uma temperatura mínima de 40°C, durante pelo menos cinco dias, com a ocorrência de um pico de 55°C, ao longo de quatro horas sucessivas durante este período; e
- e) estabilização com cal, mediante adição de quantidade suficiente para que o pH seja elevado até pelo menos 12, por um período mínimo de duas horas.

2. Processos de Redução Adicional de Patógenos

- a) compostagem confinada ou em leiras aeradas (3 dias a 55°C no mínimo) ou com revolvimento das leiras (15 dias a 55°C no mínimo, com revolvimento mecânico da leira durante pelo menos 5 dias ao longo dos 15 do processo);
- b) secagem térmica direta ou indireta para reduzir a umidade do lodo de esgoto ou produto derivado a 10% ou menos, devendo a temperatura das partículas de lodo de esgoto ou produto derivado superar 80°C ou a temperatura de bulbo úmido de gás, em contato com o lodo de esgoto ou produto derivado no momento da descarga do secador, ser superior a 80°C;
- c) tratamento térmico pelo aquecimento do lodo de esgoto ou produto derivado líquido a 180°C, no mínimo, durante um período de 30 minutos;
- d) digestão aeróbia termofílica a ar ou oxigênio, com tempos de residência de 10 dias a

temperaturas de 55 a 60°C;

e) processos de irradiação com raios beta a dosagens mínimas de 1 megarad a 20°C, ou com raios gama na mesma intensidade e temperatura, a partir de isótopos de Cobalto 60 ou Césio 137 e

f) processos de pasteurização, pela manutenção do lodo de esgoto ou produto derivado a uma temperatura mínima de 70°C, por um período de pelo menos 30 minutos.

3. Processos para Redução da Atratividade de Vetores

Nesta lista está indicado, entre parênteses, o número do critério a ser observado para verificação da aceitabilidade do processo quanto à redução de atratividade de vetores.

a) digestão anaeróbia do lodo de esgoto ou produto derivado (condição 1 ou 2);

b) digestão aeróbia do lodo de esgoto ou produto derivado (condição 1 ou 3 ou 4 ou 5);

c) compostagem (condição 5);

d) estabilização química (condição 6);

e) secagem (condição 7 ou 8);

f) aplicação subsuperficial (condição 9) e

g) incorporação no solo (condição 10).

Estes processos serão aceitos apenas se forem atendidos os critérios especificados abaixo.

4. Critérios para verificação da adequação de processos de redução da atratividade de vetores

Critérios para verificar se o processo de tratamento adotado para o lodo de esgoto ou produto derivado reduz o potencial de disseminação de doenças por meio de vetores (ex. moscas, roedores, mosquitos):

a) A concentração de sólidos voláteis (SV) deve ser reduzida em 38% ou mais. A redução de SV é medida pela comparação de sua concentração no afluente, do processo de estabilização de lodo de esgoto ou produto derivado (digestão aeróbia ou anaeróbia), com a sua concentração no lodo de esgoto ou produto derivado pronto para uso ou disposição.

b) Condição referida à digestão anaeróbia: caso a redução de 38% de SV do lodo de esgoto ou produto derivado não seja atingida, após o mesmo ser submetido a um processo de digestão anaeróbia, o processo adotado será aceito apenas se em escala de laboratório a mesma amostra de lodo de esgoto ou produto derivado, após um período adicional de 40 dias de digestão, com temperatura variando entre 30 e 37 °C, apresentar uma redução de SV menor que 17%.

c) Condição referida à digestão aeróbia: caso a redução de 38% de SV do lodo de esgoto ou produto derivado não seja atingida, após o mesmo ser submetido a um processo de digestão aeróbia, e o lodo de esgoto ou produto derivado possuir uma concentração de matéria seca (M.S.) inferior a 2%, o processo adotado será aceito apenas se em escala de laboratório a mesma amostra de lodo de esgoto ou produto derivado, após um período adicional de 30 dias de digestão, com temperatura mínima de 20 °C, apresentar uma redução de SV menor que 15%.

d) Condição referida à digestão aeróbia: após o período de digestão, a taxa específica de consumo de oxigênio (SOUR - Specific Oxygen Uptake Rate) deve ser menor ou igual a 1,5 mg O₂/[hora x grama de sólidos totais (ST)] a 20°C.

e) Condição referida à compostagem ou outro processo aeróbio: durante o processo, a temperatura deve ser mantida acima de 40° C por pelo menos 14 dias. A temperatura média durante este período deve ser maior que 45°C.

f) Condição referida à estabilização química: a uma temperatura de 25°C, a quantidade de álcali misturada com o lodo de esgoto ou produto derivado, deve ser suficiente

para que o pH seja elevado até pelo menos 12 por um período mínimo de 2 horas, permanecendo acima de 11,5 por mais 22 horas. Estes valores devem ser alcançados sem que seja feita uma aplicação adicional de álcali.

g) Condição referida à secagem com ventilação forçada ou térmica para lodos de esgoto ou produto derivado que não receberam adição de lodos primários brutos: após o processo de secagem, a concentração de sólidos deve alcançar no mínimo 75% M.S., sem que haja mistura de qualquer aditivo.

h) Não é aceita a mistura com outros materiais para alcançar a porcentagem exigida de sólidos totais.

i) Condição referida à secagem por aquecimento ou ao ar para lodos de esgoto ou produto derivado que receberam adição de lodos primários brutos: após o processo de secagem, a concentração de sólidos deve alcançar no mínimo 90% M.S., sem que haja mistura de qualquer aditivo. Não se aceita a mistura com outros materiais para alcançar a porcentagem exigida de sólidos totais.

j) Condição referida à aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado no solo na forma líquida: a injeção do lodo de esgoto ou produto derivado líquido sob a superfície será aceita como um processo de redução de atração de vetores se: não for verificada a presença de quantidade significativa de lodo de esgoto ou produto derivado na superfície do solo após uma hora da aplicação. No caso de lodo de

esgoto ou produto derivado classe A, a injeção do lodo de esgoto ou produto derivado deve ser feita num período máximo de até oito horas após a finalização do processo de redução de patógenos.

l) Condição referida à aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado no solo: nesta situação, o lodo de esgoto ou produto derivado deve ser incorporado no solo antes que transcorram seis horas após a aplicação na área. Se o lodo de esgoto ou produto derivado for classe A, deve ser aplicado e incorporado decorridas, no máximo, oito horas após sua descarga do processo de redução de patógenos.

ANEXO II

CRITÉRIOS PARA AS ANÁLISES DE LODO DE ESGOTO OU PRODUTO DERIVADO E SOLO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

1. Determinação de substâncias inorgânicas

As análises de substâncias inorgânicas a serem realizadas nas amostras de lodo de esgoto ou produto derivado e de solo devem permitir a determinação da totalidade da substância pesquisada que esteja presente na amostra bruta.

Para a determinação dos elementos: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn nas amostras de lodo de esgoto ou produto derivado e de solo, deve-se empregar os métodos 3050 e 3051, estabelecidos no *U.S.EPA SW-846, versão "on line"* <<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/main.htm#table>>. Os resultados devem ser expressos em g ou mg do parâmetro por kg de lodo em base seca.

Para determinação das substâncias orgânicas no lodo de esgoto ou produto derivado e no solo, deverão ser adotados os métodos *U.S.EPA SW-846, última edição* ou outros métodos internacionalmente aceitos.

Referência:

U.S. EPA - United State Environment Protection Agency. SW-846. Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical Chemical Methods.

2. Determinação da fertilidade do solo – pH, matéria orgânica, P, Ca, K, Mg, Na, H+Al, S, CTC e V%

As determinações de pH, matéria orgânica, P, Ca, K, Mg, Na, acidez potencial (H+Al), soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (CTC) e porcentagem de saturação em bases

(V%) nos solos deverão ser realizadas de acordo com procedimento estabelecido por:

Referências:

RAIJ, B. van; GHEYI, H.R.; BATAGLIA, O.C. *Determinação da condutividade elétrica e de cátions solúveis em extratos aquosos de solos*. In Raij, B. van; Andrade, J.C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001, p. 277-284.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1997, 212 p.

3. Determinação de pH, umidade, carbono orgânico, N total, N Kjeldahl, N amoniacal, N nitrato/nitrito, P total, K total, Ca total, Mg total, S total, Na total, e Sólidos voláteis e totais no lodo de esgoto ou produto derivado

As determinações de pH, umidade, carbono orgânico, N total, N Kjeldahl, N amoniacal, N nitrato/nitrito, P total, K total, Ca total, Mg total, S total, Na total, e Sólidos voláteis e totais no lodo de esgoto ou produto derivado deverão ser realizadas de acordo com os procedimentos adotados pela U.S. EPA SW-846 versão "on line" (<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/main.htm#table>). BIGHAM (1996) apresenta a metodologia a ser adotada para carbono orgânico (NELSON & SOMMERS, 1996), P total (KUO, 1996), N amoniacal (BREMNER, 1996), N total (BREMNER, 1996) e N nitrato/nitrito (MULVANEY, 1996). Para sólidos voláteis e N Kjeldahl adotar método estabelecido por APHA et alii (2005). Os resultados devem ser expressos em mg do parâmetro por kg de lodo de esgoto ou produto derivado em base seca.

Referências:

BIGHAM, J.M. *Methods of Soils Analysis. Part 3. Chemical Methods*. Madison, WI. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Book Series no 5, 1996.

NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E., 1996. In: Bigham, J.M., p. 961-1010.

KUO, S, 1996. In: Bigham, J.M., p. 869-919.

BREMNER, J.M., 1996. In: Bigham, J.M., p. 1085-1121.

MULVANEY, R.L., 1996. In: Bigham, J.M., p. 1123-1200.

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association & WPCF - Water Pollution Control Federation, 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21 st ed. Washington, DC.

4. Determinação de condutividade elétrica em solo

As determinações da condutividade elétrica no solo deverão ser realizadas de acordo com o procedimento estabelecido por CAMARGO et alii (1986) ou RAIJ et al. (2001) em extrato na relação 1:1.

Referências:

RAIJ, B. van; GHEYI, H.R.; BATAGLIA, O.C. *Determinação da condutividade elétrica e de cátions solúveis em extratos aquosos de solos*. In Raij, B. van; Andrade, J.C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001, p. 277-284.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S., 1986. *Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos de Instituto Agrônomo de Campinas*. Boletim Técnico no 106, Campinas, Instituto Agrônomo.

5. Determinação de indicadores microbiológicos e patógenos

Coliformes termotolerantes:

US Environmental Protection Agency. *Environmental Regulations and Technology - Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage)*. Under 40 CFR Part 503. Appendix F: Sample Preparation for fecal coliform test and

Salmonella sp Analysis, p. 137, EPA/625/R-92/013, 2003. www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs
CETESB. Coliformes fecais - Determinação em amostras de água pela técnica de tubos múltiplos com meio A1 - Método de ensaio. Norma Técnica CETESB L5-406, 1992, 20 p.

Salmonella:

US Environmental Protection Agency. *Environmental Regulations and Technology - Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage)*. Under 40 CFR Part 503. Appendix F: Sample Preparation for fecal coliform test and *Salmonella sp Analysis*, p. 137, EPA/625/R-92/013, 2003. www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs

Ovos viáveis de helmintos:

US Environmental Protection Agency. *Environmental Regulations and Technology - Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage)*. Under 40 CFR Part 503. Appendix I - Test Method for Detecting, Enumerating, and Determining the Viability of *Ascaris Ova* in Sludge, p. 166, EPA/625/R-92/013, 2003. www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs

Vírus entéricos:

Os vírus entéricos a serem pesquisados preferencialmente serão: adenovírus e vírus do Gênero *Enterovirus* (Poliovírus, Echovírus, Coxsackievírus). Em situações especiais - endêmicas ou epidêmicas - (surto de diarreia, hepatite A e outras viroses de transmissão fecal-oral), deve-se pesquisar rotavírus, vírus da hepatite A e outros, definidos pelo órgão ambiental, ouvido os órgãos competentes.

Referências:

US Environmental Protection Agency. *Environmental Regulations and Technology - Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage)*. Under 40

CFR Part 503. Appendix H - Method for the recovery and assay of total culturable viruses from sludge, p. 150, EPA/625/R-92/013, 2003. www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs

CETESB. Método de concentração de lodo de esgoto para isolamento de enterovírus. Norma Técnica CETESB L5.506, 1988, 23p.

CETESB. Identificação de Enterovírus - Método de Ensaio. Norma Técnica CETESB L5.504, 1985, 22p.

Reação de amplificação em cadeia pela polimerase (PCR) para pesquisa de vírus DNA como adenovírus:

SANTOS, F.M.; VIEIRA, M. J.; MONEZI, T.A.; HÁRSI, C.M.; MEHNERT, D.U. Discrimination of adenovirus types circulating in urban sewage and surface polluted waters in São Paulo city, Brazil. *Water Science Technologie, Water Supply* vol. 4 (2): 79-85, 2004.

Reação de transcrição reversa seguida de amplificação em cadeia pela polimerase (RT-PCR) para pesquisa de vírus RNA como Gênero *Enterovirus* (Poliovírus, Echovírus, Coxsackievírus), Rotavírus, Hepatite A e outros:

ARRAJ, A., BOHATIER, J. LAVERAN, H. AND TRAORE, O. Comparison of bacteriophage and enteric virus removal in pilot scale activated sludge plants. *J. Applied Microbiol.* 98: 516-524, 2005.

FORMIGA-CRUZ, M., HUNDESA, A., CLEMENTE-CASARES, P., ALBINANA-GIMENEZ, N., ALLARD, A., GIRONEZ, R. Nested multiplex PCR assay for detection of human enteric viruses in shellfish and sewage. *J. Virol. Method*, 125: 111-118, 2005.

Método de diluição *end-point* com cálculo de título por método de Reed-Muench e resultado expresso em DICT50 por 4 g:

HAWKE, A. *General principles underlying laboratory diagnosis of viral infections*. IN: E.H. Lennette; N.G. Schmidt (ED.) – *Diagnostic procedures for viral, rickettsial and*

chlamydial infections. Washington, D.C., APHA, 1979. P. 3-48.

Resultado expresso em Unidades Formadoras de Focos (UFF) por 4 g:

BARARDI, CRM, EMSLIE, K, VESEY, G; WILLIAMS, K. Development of a rapid and sensitive quantitative assay for rotavirus based on flow cytometry. J. Virol. Method. 74: 31-38, 1998.

MEHNERT, D.U.; STEWIEN, K.E. Detection and distribution of rotaviruses in raw sewage and creeks in São Paulo, Brazil. Appl. Environ. Microbiol., 59: 140-3, 1993.

6. Determinação da elevação de pH provocada por lodos de esgoto ou produto derivado tratados com cal

A curva de elevação de pH será obtida por ensaio de incubação utilizando mistura solo-lodo de esgoto ou produto derivado conforme descrito a seguir:

a) Pesar 200 g do solo coletado no local onde se pretende fazer a aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado e adicionar o correspondente às seguintes doses de lodo de esgoto ou produto derivado, em toneladas/ha (base seca): 0, 10, 20, 40, 80.

b) Homogeneizar a mistura e colocar em recipientes de material inerte.

c) Adicionar água de modo a manter a umidade a 70% da capacidade máxima de retenção de água do solo, ao longo de todo o experimento.

d) Os recipientes devem ser mantidos cobertos de maneira a evitar ressecamento. O ensaio deve ser feito com três repetições.

e) mostrar o solo dos tratamentos com a mistura solo/lodo de esgoto ou produto derivado nos tempos 7, 14, 30, 45 e 60 dias e determinar o pH em CaCl₂, conforme RAIJ et al. (2001) ou EMBRAPA (1997), até que apresente valor constante em 3 determinações consecutivas.

f) A curva de elevação de pH será obtida através de gráfico da variação do pH final da mistura solo-lodo de esgoto ou produto derivado em função da dose (dose de lodo de esgoto ou produto derivado na abscissa e pH na ordenada).

Referências:

RAIJ, B. van; GHEYI, H.R.; BATAGLIA, O.C. Determinação da condutividade elétrica e de cátions solúveis em extratos aquosos de solos. In Raij, B. van; Andrade, J.C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001, p. 277-284.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1997, 212 p.

ANEXO III

CÁLCULO DO NITROGÊNIO DISPONÍVEL NO LODO DE ESGOTO OU PRODUTO DERIVADO

Para o cálculo do nitrogênio disponível (**N_{disp}**) no lodo de esgoto ou produto derivado, deverão ser utilizadas as seguintes frações de mineralização (**FM**):

Lodo de esgoto não digerido

40%

Lodo de esgoto digerido aerobiamente

30%

Lodo de esgoto digerido anaerobiamente

20%

Lodo de esgoto compostado

10%

Referência:

NCDEHNR-North Carolina Department of Environment, Health and Natural

Resources - Division of Environmental Management, Land Application of Residual Solids, form LARS 06/94, North Carolina, 1994.

Caso seja de interesse da UGL, poderão ser utilizadas frações de mineralização determinadas por meio de ensaios que adotem metodologias aceitas pelo órgão ambiental competente. Para produtos derivados estes ensaios deverão ser realizados.

O teor de N disponível do lodo de esgoto ou produto derivado é calculado pelas expressões:

Fórmula para cálculo do **Ndisp** (mg/kg) para aplicação superficial

$$\mathbf{Ndisp} = (\mathbf{FM}/100) \times (\mathbf{NKj-NNH3}) + 0,5 \times (\mathbf{NNH3}) + (\mathbf{NNO3} + \mathbf{NNO2})$$

Fórmula para cálculo do **Ndisp** (mg/kg) para aplicação subsuperficial

$$\mathbf{Ndisp} = (\mathbf{FM}/100) \times (\mathbf{NKj-NNH3}) + (\mathbf{NNO3} + \mathbf{NNO2})$$

Dados necessários para o cálculo do **Ndisp**:

fração de mineralização do nitrogênio (**FM**) (%);

Nitrogênio Kjeldahl (nitrogênio Kjeldahl = nitrogênio orgânico total + nitrogênio amoniacal (**NKj**)) (mg/kg);

Nitrogênio amoniacal (**NNH3**)(mg/kg);

Nitrogênio Nitrato e Nitrito (**NNO3** + **NNO2**) (mg/kg).

As concentrações utilizadas nestes cálculos devem ser em mg do parâmetro por kg de

ANEXO IV

CRITÉRIOS PARA AMOSTRAGEM DE SOLO E LODO DE ESGOTO OU PRODUTO DERIVADO

1. Amostragem de solo

O número de amostras de solo deverá ser representativo da área a ser avaliada. A área amostrada deverá ser subdividida em parcelas homogêneas nunca superiores a 20 hectares considerando o histórico de disposição de lodo de esgoto ou seus produtos derivados, a topografia, o tipo de solo e o tipo de cultura.

As parcelas deverão ser identificadas em mapa, em escala compatível, para o planejamento e o acompanhamento do monitoramento.

Em relação ao local da amostragem, deverá ser observado o seguinte critério:

a) para culturas perenes, a amostragem deverá ser efetuada nas faixas adubadas com lodo de esgoto ou seus produtos derivados;

b) para culturas anuais, a amostragem deverá ser efetuada, aleatoriamente, em zigue-zague, em toda a área.

O tipo de amostragem deve ser selecionado em função dos parâmetros a serem analisados:

a) Para substâncias não voláteis as amostras deverão ser compostas, para cada parcela homogênea, sendo que:

a.1) para a profundidade de 0-20 cm, deverão ser coletadas 10 (dez) sub-amostras formando 1(uma) amostra composta;

a.2) para a profundidade de 20-40 cm, deverão ser coletadas 2 (duas) sub-amostras formando uma amostra composta;

a.3) para cada parcela, as sub-amostras deverão se coletadas na mesma profundidade, colocadas em um recipiente de material inerte, para posterior homogeneização.

b) Para substâncias semi-voláteis ou voláteis, as amostras deverão ser simples, devendo ser coletada 1 (uma) amostra na profundidade de 0-20 cm e 1 (uma) amostra na profundidade de 20-40 cm.

O coletor das amostras deverá utilizar luvas descartáveis e evitar a contaminação cruzada da amostra.

Os requisitos básicos para acondicionamento, preservação e validade de amostras de

solo deverão ser seguidos para cada parâmetro físico ou químico a ser determinado, de acordo com as instruções dos respectivos laboratórios de análise, para garantir a integridade das amostras.

2. Amostragem de lodo de esgoto ou produto derivado para análise de parâmetros inorgânicos, orgânicos e microbiológicos

Toda a amostragem de lodo de esgoto ou produto derivado, tanto para caracterização inicial quanto para monitoramento, deverá atender aos requisitos estabelecidos na norma brasileira de amostragem de resíduos.

2.1 Amostragem de lodo de esgoto ou produto derivado para análise de parâmetros inorgânicos

2.1.1 Caracterização inicial

Quando tratar-se de lodo de esgoto ou produto derivado digerido, a sua caracterização deverá ser feita por meio de análise de 4 (quatro) amostras simples, coletadas com defasagem mínima de 7 (sete) dias.

Quando o material amostrado não for digerido ou for heterogêneo, tal como pilhas de lodo de esgoto ou produto derivado em processo de compostagem ou secagem ao ar, a caracterização de substâncias inorgânicas deverá ser realizada a partir da coleta de 4 (quatro) amostras compostas, formadas por sub-amostras de iguais quantidades do material coletadas em diferentes pontos da pilha de amostragem.

2.1.2 Monitoramento

A frequência de amostragem para fins de monitoramento deverá observar o estabelecido no art. 10 desta Resolução. A amostragem deverá observar os mesmos procedimentos descritos no item 2.1.1.

2.2 Amostragem de lodo de esgoto ou produto derivado para análise de parâmetros orgânicos

Tanto a caracterização inicial quanto o monitoramento deverão seguir o estabelecido em relação à amostragem para análise de parâmetros inorgânicos, exceto no que se refere à formação de amostras compostas, visto que todas as amostras deverão ser simples.

2.3 Amostragem de lodo de esgoto ou produto derivado para análises microbiológicas e parasitológicas

2.3.1 Procedimento de coleta

As coletas de lodo de esgoto ou produto derivado destinadas a análises microbiológicas deverão ser realizadas conforme descrito na publicação da agência ambiental americana (U.S.EPA) “*Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge*” - EPA/625/R-92/013, de julho de 2003.

A quantidade mínima de amostras a ser coletada deverá ser de 1000 g (peso úmido).

2.3.2 Caracterização inicial

Para caracterização inicial do lodo de esgoto ou produto derivado deverão ser coletadas pelo menos 15 amostras num período de 3 meses. Essa amostragem deverá ser planejada de forma que as coletas sejam realizadas a intervalos relativamente uniformes abrangendo todo esse período.

Quando o material amostrado for heterogêneo (pilhas de lodo de esgoto ou produto derivado em processo de compostagem ou secagem ao ar), para que sejam obtidos resultados representativos, iguais quantidades do material deverão ser coletadas em diferentes pontos. Essas sub-amostras serão então combinadas e analisadas como uma amostra única, no conjunto de 15 amostras.

2.3.3 Monitoramento do lodo de esgoto ou produto derivado

Para monitoramento deverá ser coletada uma amostra, em quadruplicata, de acordo com a frequência estabelecida na Tabela 1 do art. 10 dessa Resolução. A qualidade do lodo de

esgoto ou produto derivado deverá ser também verificada antes da primeira aplicação e quando o lodo de esgoto ou produto derivado for vendido ou distribuído. A amostragem deverá observar os mesmos procedimentos descritos no item 2.3.2.

ANEXO V

LISTAS DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS A SEREM DETERMINADAS NO LODO DE ESGOTO OU PRODUTO DERIVADO E NO SOLO

Tabela 1 - Substâncias orgânicas potencialmente tóxicas a serem determinadas no lodo de esgoto ou produto derivado

Substância

Benzenos clorados

Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

1,2-Diclorobenzeno

Benzo(a)antraceno

1,3-Diclorobenzeno

Benzo(a)pireno

1,4-Diclorobenzeno

Benzo(k)fluoranteno

1,2,3-Triclorobenzeno

Indeno(1,2,3-c,d)pireno

1,2,4-Triclorobenzeno

Naftaleno

1,3,5-Triclorobenzeno

Fenantreno

1,2,3,4-Tetraclorobenzeno

Lindano

1,2,4,5-Tetraclorobenzeno

Poluentes Orgânicos Persistentes (POP's) Constantes da Convenção de Estocolmo

1,2,3,5-Tetraclorobenzeno

Aldrin

Esteres de ftalatos

Dieldrin

Di-n-butil ftalato

Endrin

Di (2-etilhexil)ftalato (DEHP)

Clordano

Dimetil ftalato

Heptacloro

Fenóis não clorados

DDT

Cresóis

Toxafeno

Fenóis clorados

Mirex

2,4-Diclorofenol

Hexaclorobenzeno

2,4,6-Triclorofenol

PCB's

Pentaclorofenol

Dioxinas e Furanos

Tabela 2 - Concentrações permitidas de substâncias orgânicas em solos agrícolas.

Substância
Concentração permitida no solo (mg/kg)

Benzenos Clorados

1,2-Diclorobenzeno	0,73
1,3-Diclorobenzeno	0,39
1,4-Diclorobenzeno	0,39
1,2,3-Triclorobenzeno	0,01
1,2,4-Triclorobenzeno	0,011
1,3,5-Triclorobenzeno	0,5
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	0,16
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	0,01
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	0,0065

Ésteres de ftalatos

Di-n-butil ftalato	0,7
Di (2-etilhexil)ftalato (DEHP)	1
Dimetil ftalato	0,25

Fenóis não clorados

Cresóis	0,16
---------	------

Fenóis clorados

2,4-Diclorofenol	0,031
2,4,6-Triclorofenol	2,4
Pentaclorofenol	0,16

Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

Benzo(a)antraceno	0,025
Benzo(a)pireno	0,052
Benzo(k)fluoranteno	0,38
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	0,031
Naftaleno	

0,12

Fenantreno

3,3

Lindano

0,001

ANEXO VI

MODELO DE DECLARAÇÃO A SER ENCAMINHADA PELA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE LODO DE ESGOTO OU PRODUTO DERIVADO - UGL AO PROPRIETÁRIO E AO ARRENDATÁRIO OU ADMINISTRADOR DA ÁREA DE APLICAÇÃO DO LODO DE ESGOTO OU PRODUTO DERIVADO

O interessado deverá apresentar, ao órgão ambiental, a declaração a seguir devidamente preenchida e assinada pelo representante da UGL e pelo proprietário, arrendatário ou administrador da área de aplicação.

Modelo de declaração

Parte 1: (a ser preenchida pela Unidade de Gerenciamento de Lodo - UGL)

- Nome da UGL

- Endereço

- Método utilizado para redução de patógenos do lodo de esgoto ou produto derivado

- Classe do lodo de esgoto ou produto derivado: classe A classe B

- Processo utilizado para a redução de vetores

- Teor de umidade do lodo de esgoto ou produto derivado (%)

- Concentração de substâncias inorgânicas e agentes patogênicos

Unidade

Concentração

(base seca)

Data da análise

Arsênio

mg/kg

Bário

mg/kg

Cádmio

mg/kg

Cromo

mg/kg

Cobre

mg/kg

Chumbo

mg/kg

Mercúrio

mg/kg

Molibdênio

mg/kg

Níquel

mg/kg

Selênio

mg/kg

Zinco

mg/kg

Coliformes termotolerantes

NMP/g MS

Vírus entéricos

UFP/4g ou UFF/4g MS

Ovos viáveis de helmintos

no de ovos viáveis/4g MS

- Concentração de Ndisponível no lodo de esgoto ou produto derivado, em mg/kg (base seca), calculado conforme Anexo III:

data das análises: _____ Ndisponível: _____

- Taxa de Aplicação

- Tipo de cultura na qual será aplicado o lodo de esgoto ou produto derivado

- Denominação da área de aplicação

- Endereço do local de aplicação

- Campo/Parcela

- Área de aplicação (hectares)

- Quantidade aplicada (m³ ou kg)

- Método de aplicação

- Método usado em campo para redução de atração de vetores (se aplicável)

Obs: Em caso de diferentes culturas ou modos de aplicação, deverão ser preenchidas declarações correspondentes.

Estou ciente que, no caso de falsidade das declarações aqui prestadas, poderei ser responsabilizado, administrativa, civil e penalmente, conforme legislação pertinente em vigência.

Nome e assinatura do responsável pela UGL:

Data: _____

Parte 2: (a ser preenchida pelo proprietário, arrendatário ou administrador)

Eu, _____, RG no

_____, proprietário da (sítio, fazenda, etc.)
_____, localizada (endereço) _____,

coordenadas geográficas (UTM) _____, concordo com a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado em minha propriedade, comprometendo-me a seguir as orientações constantes do projeto elaborado pela UGL.

Nome e assinatura do proprietário:

Data: _____

ANEXO VII

RECOMENDAÇÕES QUANTO AO TRANSPORTE

1. O lodo de esgoto ou produto derivado somente será carregado e retirado da ETE ou UGL mediante a apresentação pelo motorista do caminhão, do Termo de Responsabilidade (no 1 carregamento) e do Formulário de Controle de Retirada.

2. O motorista deve estar devidamente cadastrado e credenciado na empresa geradora do lodo de esgoto ou produto derivado.

3. Para o transporte deverão ser utilizados caminhões com carrocerias totalmente vedadas, tais como os caminhões basculantes, equipados com sistema de trava para impedir a abertura da tampa traseira, lona plástica para cobertura, cone de sinalização, pá ou enxada e um par de luvas de látex.

4. É proibido qualquer tipo de coroamento nos caminhões (altura da carga ultrapassando a altura da carroceria).

5. Os caminhões devem possuir algum tipo de sistema de comunicação para uso

imediatamente em caso de ocorrência de sinistro.

6. Em caso de sinistro em vias públicas, com derramamento de lodo de esgoto, todos os procedimentos para limpeza são de responsabilidade da empresa transportadora do lodo de esgoto ou produto derivado.

7. Todos trabalhadores em contato com o lodo de esgoto ou produto derivado deverão sempre utilizar luvas de proteção plásticas ou de couro. Também é requerido o uso de calçado adequado, sapatos ou botas de couro ou plástico, sendo proibido o uso de sandálias e outros calçados abertos.

8. Ao término dos serviços lavar com água e sabão as luvas, os calçados e as mãos.

9. Devera ser observada a limpeza dos pneus na saída dos caminhões da ETE ou UGL.

Termo de Responsabilidade do Transportador do lodo de esgoto de esgoto ou produto derivado

_____, ____ de _____ de 200__.

Eu, _____, portador do documento de identidade nº _____, declaro ter sido contratado pela empresa _____ para realizar o transporte do produto lodo de esgoto ou produto derivado entre a Estação de Tratamento de Esgoto da Companhia de Saneamento ou UGL _____ e a propriedade do *usuário-aplicador* situada _____

Declaro que farei o transporte, em conformidade com as recomendações da Companhia de Saneamento _____, utilizando caminhões com carrocerias totalmente vedadas, equipados com sistema de trava para impedir a abertura da tampa traseira, lona plástica para cobertura, cone de sinalização, pá ou enxada e um par de luvas de látex.

Informo estar ciente de que o produto somente poderá ser entregue na propriedade definida no Projeto Agrônômico no _____, sendo que qualquer problema que venha a ocorrer durante o transporte ou em decorrência dele será de minha inteira responsabilidade.

Controle de Retirada do lodo de esgoto ou produto derivado

Projeto nº _____

Documento _____

Logotipo Cia. de Saneamento _____

Controle de Retirada do lodo de esgoto por Terceiros

Revisão/Data _____

Data: ____/____/____ N°. _____

Destino: _____

Cidade: _____

Volume Retirado: _____ m³

Local de Retirada: Aterro _ Pátio Prensa _

Motorista: _____

RG: _____

Transportadora: _____

Placa _____ do

Veículo: _____

Motorista declara estar ciente das precauções para o transporte de lodo de esgoto ou produto derivado descritas no verso:

Assinatura do motorista transportador

Via da portaria

Ao sair, é obrigatória a entrega deste boleto preenchido na portaria da ETE ou UGL.

Logotipo Companhia de Saneamento

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO _____

Data: ____/____/____

Volume de lodo de esgoto ou produto derivado retirado: _____m³

Precauções para o transporte do lodo de esgoto ou produto derivado.

1. O caminhão ou camioneta deverá ter trava de carroceria e a carroceria deverá ser totalmente vedada.

2. A carroceria deverá estar coberta com lona plástica.

3. O veículo deverá ter durante a viagem, uma pá e/ou enxada e um cone de sinalização.

4. Para contato direto com o lodo de esgoto ou produto derivado, usar luvas, e após este contato lavar as mãos e o calçado com água e sabão.

ETE

ou

UGL:

Endereço

da

ETE

ou

UGL:

Via do motorista transportador

ANEXO VIII

ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO AGRONÔMICO

Para a elaboração de projetos de aplicação de lodos de esgoto ou produto derivado na agricultura, deve ser observado o seguinte roteiro:

1. Caracterização da instalação de tratamento de esgoto-ETE ou UGL

Apresentar descrição do sistema de tratamento incluindo a localização da estação de tratamento, a sua capacidade operacional, as características da bacia de drenagem de esgoto, o tipo de tratamento, o fluxograma simplificado do processo, as várias unidades do sistema e o volume de lodo de esgoto ou produto derivado gerado.

2. Caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado

Apresentar caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado, observando-se o estabelecido no art. 7º desta Resolução.

Apresentar o ensaio para determinação de elevação de pH provocada pela aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado no solo, conforme item 6, do Anexo II desta Resolução, no caso de lodos de esgoto ou produto derivado tratados com cal.

Apresentar de forma detalhada a descrição dos processos adotados para redução de agentes patogênicos e de atratividade de vetores.

3. Caracterização das áreas de aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado

Apresentar nome e endereço do proprietário da área e declaração da UGL, conforme Anexo VI desta Resolução.

3.1 Localização

Apresentar plantas planialtimétricas de situação dos locais de aplicação propostos, com a escala mínima de 1:10.000, abrangendo até 500 m dos limites da aplicação, trazendo indicações dos seguintes elementos:

a) indicação do uso do solo na área a ser utilizada para a aplicação;

b) coordenadas geográficas (UTM) das áreas de aplicação;

c) localização de nascentes e olhos d'água;

d) localização de corpos d'água, indicando sua largura;

e) localização de lagoas, lagos, reservatórios, captações, poços de abastecimento de água, residências;

- f) localização de matas nativas remanescentes;
- g) levantamento das unidades de conservação incidentes;
- h) descrição da vizinhança; e
- i) acessos ao local.

Nos locais onde não se dispuser do levantamento planialtimétrico na escala 1:10.000, serão aceitos, excepcionalmente, os levantamentos na escala 1:50.000, complementados por descrição detalhada da área e croqui com indicação das declividades das áreas de aplicação.

3.2 Caracterização do solo das áreas de aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado

Apresentar caracterização do solo, observando-se o estabelecido no art. 21 desta Resolução, devendo ser incluída planta com a localização dos pontos de amostragem.

4. Taxa de aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado

Apresentar a taxa de aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado no solo observando o estabelecido no art. 17 desta Resolução, para cada área.

5. Armazenamento e transporte do lodo de esgoto ou produto derivado

Apresentar detalhamento dos sistemas de armazenamento e transporte de lodo de esgoto ou produto derivado, os quais deverão atender ao estabelecido nos arts. 19 e 20 e no Anexo VII desta Resolução.

6. Planos de aplicação e manejo

Apresentar plano de aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado e de manejo da área, atendendo ao art. 18 desta Resolução e demais exigências desta Resolução, incluindo:

- a) descrição da seqüência da aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado detalhando períodos previsto para a aplicação ao longo do ano;
- b) indicação em planta das culturas de cada parcela e
- c) descrição do manejo detalhando época de plantio e/ou desenvolvimento da cultura.

7. Relatório de operação

Elaborar relatório de operação, que deve ser mantido em arquivo pela UGL, onde devem constar os registros da operação, contemplando minimamente:

- a) origem do lodo de esgoto ou produto derivado;
- b) caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado;
- c) data da aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado;
- d) localização da aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado (local, campo, ou no da parcela);
- e) massa de lodo de esgoto ou produto derivado aplicado em toneladas (base seca) por hectare;
- f) totais anuais de lodo de esgoto ou produto derivado aplicado em toneladas secas por hectare;
- g) totais acumulados, desde o início da aplicação, em quilogramas por hectare, de cada metal avaliado;
- h) método de aplicação;
- i) tipo de vegetação existente ou cultura a ser implantada no local;
- j) quantidade de nitrogênio disponível aplicado, em kg/hectare;
- l) observações quanto à ocorrência de chuvas por ocasião da aplicação e condições do solo quanto a erosões.

8. Monitoramentos

Apresentar descrição detalhada dos monitoramentos propostos para o acompanhamento da aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado, observando-se o disposto nos arts. 10 e 21 desta Resolução.

Deverão ser propostos modelos de relatório dos monitoramentos, do lodo de esgoto ou

produto derivado e do solo das áreas de aplicação, a serem efetuados pelo responsável pela aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado.

9. Anotação de Responsabilidade Técnica

Apresentar a Anotação de Responsabilidade Técnica-ART do projeto agrônômico proposto. No preenchimento da ART deverá ser indicado o responsável pelo projeto quanto à escolha do local, taxa de aplicação e escolha do tipo de cultura, trazendo a anotação de tipo 1 no campo 6.

10. Informações adicionais

A critério do órgão ambiental poderão ser exigidas informações adicionais que não constam deste roteiro.

ESSE TEXTO NÃO SUBSTITUI O PUBLICADO NO DOU EM 30/08/2006

ANEXO II

LEI Nº 3.581, DE 12 DE ABRIL DE 2005

DODF DE 25.04.2005

REPUBLICADA DODF DE 27.05.2005

Estabelece princípios, normas e procedimentos para a expedição, distribuição e uso de biossólido no Distrito Federal, visando ao controle da poluição, da contaminação e à minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências.

O Presidente da Câmara Legislativa do Distrito Federal promulga, nos termos do § 6º do art. 74 da Lei Orgânica do Distrito Federal, a seguinte Lei, oriunda de Projeto vetado pelo Governador do Distrito Federal e mantido pela Câmara Legislativa do Distrito Federal:

Art. 1º Ficam estabelecidos, na forma desta Lei, princípios, normas e procedimentos referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final do biossólido produzido pelas unidades de tratamento de esgotos da Companhia de Saneamento do Distrito Federal, denominada CAESB, visando ao controle da poluição, da contaminação e à minimização dos impactos ambientais.

Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por lodo o produto final do tratamento dos esgotos urbanos, hospitalares e industriais realizado por processos de estabilização aeróbica e anaeróbica nas estações de tratamento de esgotos, os quais, depois de submetidos aos processos para redução significativa de patógenos e devidamente estabilizados e, se aptos ao uso agrícola monitorado, poderão ser chamados de biossólidos e deverão, para fins de distribuição, ter a seguinte classificação:

I - Biossólido Classe “A”: deve atender aos seguintes limites para densidade dos organismos especificados, no momento do seu uso no solo agrícola ou no momento de entrega a terceiros responsáveis pela aplicação, e indicar que a média geométrica das últimas sete amostras seja inferior:

- a) para coliformes fecais, densidade inferior a 103NMP/g ST (número mais provável por grama de sólidos totais);
- b) para salmonella, densidade inferior a 3NMP/4g ST (número mais provável por 4 gramas de sólidos totais);
- c) para ovos viáveis de helmintos, menor que uma unidade para cada quatro gramas de sólidos totais (< 1 ovo viável/4g S.T.);
- d) para vírus: < 1 PFU (Unidade Formadora de Placa)/4g de S.T.

II - Biossólido Classe “B”: O resultado do monitoramento de coliformes fecais, no momento do seu uso no solo agrícola ou no momento de entrega a terceiros, responsáveis pela aplicação, deverá indicar que a média geométrica das últimas sete amostras seja, para coliformes fecais, inferior a 2×10^6 NMP/g ST (número mais provável por grama de sólidos totais) ou 2×10^6 UFC/ g ST (unidades formadoras de colônias por grama de sólidos totais).

§ 1º Para fins de valor limite de concentração de metais pesados no biossólido, tanto para fins agrícolas quanto para recuperação de áreas degradadas e reflorestamento, ficam estabelecidos os seguintes níveis de monitoramento:

Elemento	Teor Limite (mg/kg de Matéria Seca)	Limite de Alerta (mg/kg de Matéria Seca)
Cd	20	10
Cu	1.000	700
Ni	300	200
Pb	750	500
Zn	2.500	2.000
Hg	16	10
Cr	1.000	500

§ 2º Em ambas as classes, o processo adotado para o tratamento de esgotos e pós-tratamento do lodo de esgotos deverá ser aprovado, monitorado e licenciado pelos órgãos de controle ambiental no Distrito Federal, ressalvando-se que, para a aplicação em áreas agrícolas, o biossólido deverá atender, obrigatoriamente, todos os requisitos estabelecidos para a Classe “B”, bem como o

cumprimento, na íntegra, das regras de risco, os períodos de carência e a classificação de cada área e solos aptos para a recepção, disposição final e uso agrícola.

§ 3º Antes de ser utilizado na agricultura e de modo contínuo, o biossólido deverá ser submetido a todas as análises de concentração de patógenos (física, química, microbiológica, parasitológica, de vírus e de metais pesados) para verificar se em sua composição não há substâncias e microorganismos em quantidades elevadas que possam vir a prejudicar o solo e os aquíferos subterrâneos, sendo que para o controle microbiológico e parasitológico deverá ser procedida uma análise a cada lote de 500 toneladas de sólidos totais; e para o controle de metais pesados e nutrientes deverá ser analisado cada lote de 1.000 toneladas de sólidos totais.

§ 4º O biossólido somente será utilizado se o resultado das análises apresentar valores menores que os limites estabelecidos no inciso II.

§ 5º O biossólido que não atender à especificação determinada não poderá ser utilizado na agricultura, sendo disposto em aterros sanitários específicos, incinerado, utilizado na recuperação de áreas degradadas pela mineração e reflorestamentos e/ou disposto em aterros industriais controlados, e devidamente comunicado aos órgãos de controle ambiental.

§ 6º O uso do biossólido a ser utilizado na recuperação de áreas degradadas e reflorestamentos atenderá aos seguintes princípios:

- I – ser precedido de projetos de recuperação e ter responsável técnico habilitado que deverá avaliar a área e apresentar as informações em laudo técnico;
- II – deverá ter um teor de cinza nunca inferior a 29% (vinte e nove por cento);
- III – a taxa de aplicação deverá ser respaldada por justificativa técnica e não poderá exceder a 100 toneladas de matéria seca por hectare;
- IV – o bio sólido deverá ser incorporado ao solo logo depois de aplicado.

Art. 3º A gestão de resíduos das ETE's de que trata o artigo anterior deverá ser efetivada por meio da adoção de processos adicionais de redução significativa de patógenos que permitam a segurança à saúde coletiva e ambiental, assegurando-se efetividade e segurança ao uso agrícola, exceto nos casos em que existam tecnologias viáveis de utilização de lodo em outras atividades (termoelétricas, fabricação de tijolos, gás).

Parágrafo único. A aplicação em superfície deverá incorporar o lodo em até seis horas após a aplicação no solo, em área previamente licenciada, com relevo plano e lençol freático superior a 2,5 metros de profundidade.

Art. 4º O lodo de esgoto não poderá ser distribuído pelo agente gerador para uso agrícola, enquanto não for submetido ao pós-tratamento de redução significativa de patógenos e atração de vetores, atender e se enquadrar em todos os parâmetros de concentração de patógenos e apresentar o teor de cinzas superior a 29% (vinte e nove por cento).

§ 1º Não será permitido o uso do bio sólido classe “B” em qualquer cultura, principalmente:

- a) naquelas em que a parte colhida toque o solo, como melão, abóbora, pepino e hortaliças, salvo se a aplicação tiver sido feita há pelo menos quatorze meses do plantio;
- b) nas de cultivo cuja parte comestível fique abaixo da superfície do solo, como batata, cenoura e rabanete, exceto se o bio sólido tiver sido aplicado antes de trinta e oito meses;
- c) em pastagem, exceto se a área tiver sido tratada com uma antecedência mínima de trinta dias.

§ 2º Na escolha do local, deverão ser levados em consideração aspectos referentes à legislação vigente, especialmente a legislação florestal, quantidade de lodo a ser aplicada, facilidade de acesso durante o período de aplicação, proximidade de áreas residenciais, direção predominante dos ventos, aprovações e consentimentos dos proprietários, bem como as limitações

descritas a seguir:

- a) a declividade da área destinada a aplicação do lodo não deve ultrapassar 10% (dez por cento) para aplicação superficial sem incorporação, 15% (quinze por cento) para aplicação superficial com incorporação e 18% (dezoito por cento) para aplicação subsuperficial;
- b) devem ser mantidas zonas de proteção de 100 m (cem metros), de modo a não causar incômodos à vizinhança pela emissão de odores;
- c) devem ser mantidos num raio de 100 m (cem metros) de minas, nascentes, canais, açudes, lagos, poços do tipo cacimba, residências e freqüentações públicas;
- d) devem ser mantidas distâncias de 15m de vias de domínio público e 10m de drenos interceptadores e diversores de águas superficiais de jusante e de trincheiras drenantes de águas subterrâneas e superficiais;
- e) é vetada a aplicação de lodo de esgoto em áreas inundáveis;
- f) a profundidade entre a superfície do terreno e o nível do lençol freático deverá ser superior a 2,5m.

§ 3º No caso de pastagem adubada com biofóssido classe “B”, a forragem somente poderá ser utilizada pelo gado depois de transcorridos setenta e cinco dias pós-plantio, desde que o lodo de esgoto esteja devidamente certificado e estabilizado em relação à presença de helmintos, protozoários, vírus e metais pesados;

§ 4º O biofóssido classe “A” só poderá ser utilizado em culturas de consumo humano direto, inclusive horticulturas, desde que se apresente o contínuo monitoramento do lodo gerado e as análises de persistência de patógenos no solo e no ambiente de cada parcela de solo, e somente naquelas variedades vegetais com ciclo de desenvolvimento superior ao período de 90 dias.

§ 5º Caberá à Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH, junto com a Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento a elaboração de mapas de aptidão do solo para uso do biofóssido no Distrito Federal.

Art. 5º O agricultor que desejar fazer uso do biofóssido em sua propriedade deverá obter da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER/DF - o formulário de recomendação técnica, preenchido por Engenheiro-Agrônomo devidamente registrado no CREA/DF -, conforme modelo I em anexo, onde deverá ser definida a taxa de aplicação em toneladas de Biofóssido por hectare, sendo que o valor máximo a ser aplicado deverá ser determinado com base na quantidade de nitrogênio contido no biofóssido, observada a seguinte fórmula:

$$\text{Taxa de aplicação} = \frac{\text{Nitrogênio Recomendado (kg/ha)}}{\text{Nitrogênio Disponível (kg/t)}}$$

§ 1º A recomendação técnica a que se refere este artigo será obrigatória para qualquer usuário de biofóssido da CAESB e necessariamente deverá constar nela o total de hectares em que será aplicado o lodo de esgoto e a quantidade total de toneladas de lodo a ser aplicado por hectare com todas as instruções de manuseio, condicionantes da aplicação e o período máximo para o uso do lodo e de validade desta recomendação agrônômica.

§ 2º De posse da Recomendação técnica e da planta do local (SICAD 1:10.000), o agricultor, para obter o biofóssido, deverá submeter cópia de toda a documentação acima descrita para se cadastrar previamente na CAESB, e apresentar cópia dos documentos pessoais, tais como carteira de identidade, CPF, comprovante de residência e de ocupação regular do terreno.

§ 3º Além do cadastro e da recomendação técnica, a CAESB deverá exigir do interessado, para liberar o biofóssido, a assinatura de um “Termo de Responsabilidade pelo Uso Adequado de Biofóssido”, conforme modelo II em anexo.

§ 4º Os agricultores de outras localidades fora do Distrito Federal e não atendidos pela EMATER de sua região, poderão obter a recomendação técnica de Engenheiro-Agrônomo devidamente registrado no CREA, na qual deverão constar todas as exigências previstas neste artigo.

Art. 6º A partir do cadastro e para cada recomendação técnica apresentada pelo agricultor,

deverá ser dada pela CAESB um conjunto de Guias de Solicitação de Biossólido, conforme modelo III em anexo, cujo número será proporcional ao número de carregamentos necessários para atingir o total de biossólidos solicitados e previstos na recomendação técnica.

§ 1º Para a solicitação de um carregamento de biossólido, o agricultor deverá emitir uma Guia de Solicitação de Biossólido, cuja assinatura deverá ser coincidente com aquela apresentada no Termo de Responsabilidade do Agricultor.

§ 2º O biossólido somente será liberado mediante a apresentação da referida Guia de Solicitação a ser entregue à CAESB pelo transportador.

§ 3º Cabe, solidariamente, à CAESB, ao transportador e ao solicitante, no caso o agricultor, a responsabilidade pela fiscalização do recebimento da carga por ele solicitada.

Art. 7º O transporte do biossólido para áreas particulares é de comum responsabilidade:

- a) da CAESB, por ser obrigatória a conferência de cada autorização de saída do resíduo de seus pátios;
- b) da EMATER, pelo monitoramento e rastreio de cada propriedade e terreno receptor de lodo, por meio de análises de lodo, água, solo, produtos, animais e de humanos expostos ao lodo de esgotos;
- c) do transportador, por ser obrigatória a responsabilidade de garantia e segurança do transporte e da entrega final ao adquirente licenciado;
- d) do agricultor, por ser sua responsabilidade a adoção de medidas seguras para a disposição e incorporação dos resíduos no solo, conforme recomendações técnicas.

§ 1º Todo transportador de biossólido deverá ser cadastrado e treinado pela CAESB, de acordo com as Normas Técnicas Brasileiras – NBR competentes.

§ 2º O motorista/proprietário de caminhão interessado em transportar o biossólido, deverá se encaminhar à unidade de tratamento respectiva, acompanhado dos documentos pessoais e do caminhão, assim como do comprovante de residência, para fins de cadastramento, cujas cópias ficarão retidas no pátio da geradora.

§ 3º O caminhão a ser utilizado no transporte do biossólido deverá ter carrocerias totalmente vedadas, com sistema de trava que impeça a abertura da tampa traseira, lona plástica, cone de sinalização, pá ou enxada e um par de luvas de látex e passará por vistorias periódicas a fim de se avaliar a disponibilidade e condições de uso dos itens e equipamentos de segurança descritos no Termo de Responsabilidade do Transportador, conforme modelo IV em anexo.

§ 4º Estando a documentação do transportador e do caminhão de acordo com o exigido no referido Termo e o caminhão sendo aprovado na vistoria, o motorista deverá assinar o Termo de Responsabilidade do Transportador e estar ciente da obrigatoriedade da adoção das medidas contidas no Plano de Contingência para Acidentes Envolvendo Caminhões Carregados de Biossólidos, bem como na Ficha de Emergência, também de posse obrigatória, conforme anexos V e VI respectivos.

§ 5º Os transportadores de biossólido deverão ser treinados e atualizados por técnicos da CAESB, e/ou quem esta indicar, a cada seis meses, a fim de que possam receber informações relativas à composição do biossólido, possíveis riscos ao meio ambiente e às pessoas

envolvidas no manuseio, conhecimento referente à legislação ambiental, responsabilidade civil e penal, dentre outras.

§ 6º Além do treinamento a que se refere o parágrafo anterior, a CAESB deverá realizar simulação de acidentes e adoção dos procedimentos de segurança previstos em caso de acidentes.

§ 7º Após receber o certificado do treinamento e assinado o Termo de Responsabilidade, o transportador receberá duas carteiras com validade de seis meses, a serem confeccionadas pela CAESB, atestando o cadastro do caminhão e do transportador. A não renovação das carteiras implica a suspensão do transportador junto à CAESB para operar com o Biossólido.

§ 8º Obrigatoriamente, deverá constar em letras e espaço destacado e legível a identificação do produto transportado, sua classificação como resíduo perigoso, nome, telefone e identificação do Responsável Técnico para o contato, bem como órgãos de controle ambiental e Defesa Civil.

Art. 8º A responsabilidade pela execução de medidas para prevenir e/ou corrigir a poluição e/ou contaminação do meio ambiente e a responsabilidade pela ocorrência de danos materiais, sociais e morais a terceiros e propriedades decorrente de derramamento, vazamento, lançamento e/ou disposição inadequada do biossólido é:

I – da atividade geradora, quando a poluição e/ou contaminação originar-se ou ocorrer em suas instalações;

II – da atividade geradora e da atividade transportadora, solidariamente, quando a poluição e/ou contaminação originar-se ou ocorrer durante o transporte;

III – da atividade geradora e da atividade executora de disposição final, solidariamente, quando a poluição e/ou contaminação ocorrer no local de acondicionamento, de tratamento e/ou de disposição final;

IV - da atividade geradora, da atividade transportadora e da atividade executora de disposição final, solidariamente, quando a poluição/contaminação ocorrer por irregularidades na qualidade e níveis de concentração de patógenos e contaminação durante o transporte e/ou ocorrer no local de disposição final por omissão, negligência e/ou imperícia de cada um ou de todos os agentes.

Parágrafo único. Para se autorizar o uso agrícola do lodo de esgotos na agricultura, todas as fases de produção, o pós-tratamento, acondicionamento, transporte e disposição final obrigatoriamente deverão ter o licenciamento ambiental específico e estar submetidos e atender as normas aplicáveis da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, ao disposto em todas as resoluções do CONAMA e às condições estabelecidas pelos órgãos competentes no Distrito Federal voltados para o meio ambiente.

Art. 9º Sem prejuízo das sanções civis e penais, as atividades geradoras, transportadoras e executoras de acondicionamento, de tratamento e/ou de disposição final que infringirem o disposto na presente Lei, ficam sujeitas às seguintes penalidades administrativas, que serão aplicadas cumulativamente pelos órgãos de Controle Ambiental, Defesa Civil e de Saúde Pública, assegurado o direito de ampla defesa e do contraditório:

I – multa diária correspondente no mínimo a R\$ 6.000,00 (seis mil reais) e, no máximo, a R\$ 600.000,00 (seiscentos mil reais), agravada no caso de reincidência específica;

II – perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo Poder Público;

- III – perda ou suspensão de participação em linhas de financiamento em estabelecimento oficial de crédito;
- IV – suspensão da atividade;
- V – cassação de licença ambiental.

Parágrafo único. Os valores fixados por esta Lei serão reajustados semestralmente pelos índices oficialmente adotados pelo Governo do Distrito Federal e revistos a cada dois anos.

Art. 10. Os Órgãos de Controle Ambiental do Distrito Federal efetuarão, obrigatoriamente e continuamente, procedimentos de exames, inspeções, vistorias, análises e demais medidas pertinentes à fiscalização nas unidades geradoras do bio-sólido, bem como naquelas direcionadas ao transporte e à destinação final.

§ 1º As atividades geradoras, transportadoras e executoras, ficam sujeitas ao prévio licenciamento ambiental junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

§ 2º Os agentes envolvidos na geração, transporte e uso do bio-sólido, terão o prazo de cento e vinte dias, a partir da publicação desta lei, para solicitarem regularização junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, visando à adequação aos preceitos aqui estabelecidos.

Art. 11. Quando da solicitação de licenciamento ambiental ou de sua renovação junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, deverá o agente gerador do bio-sólido apresentar Plano de Gerenciamento, contemplando as atividades de geração, tratamento, acondicionamento, armazenagem e transporte, bem como o monitoramento, o rastreamento e a identificação de todos os locais, propriedades e parcelas de solo que recebem o lodo de esgotos, identificando e monitorando o total de carga recebida e a carga máxima prevista.

§ 1º Semestralmente, o agente gerador do bio-sólido deverá publicar o mapa da rota do lodo de esgoto, por meio de Sistema Geográfico de Informações, bem como a digitalização de todos os dados de interesse (localização, área total e parcelas, resultados de análises de solo, lodo e da população exposta, análises de potabilidade e da qualidade dos alimentos produzidos, carga máxima do lodo (disposta e limite), nitrogênio disponível, concentração de patógenos de cada partida de lodo de esgotos recebida, ocorrências e sinistros, etc. Os órgãos de controle ambiental deverão digitalizar os resultados do monitoramento ambiental e de saúde em cada uma das propriedades e parcelas de terreno que foram submetidas ao uso do lodo de esgoto.

§ 2º A sonegação dos dados, a não apresentação, publicação e divulgação dos resultados do monitoramento por parte do agente gerador do bio-sólido implicará à suspensão e cancelamento da licença ambiental de uso do lodo de esgotos, embargo das atividades e infrações pelas irregularidades cometidas.

Art. 12. O agente gerador do bio-sólido fica obrigado a efetuar o seu cadastramento e licenciamento ambiental específico para a disposição final dos resíduos e lodo de esgoto junto aos órgãos de controle ambiental, quando da solicitação de renovação do licenciamento ambiental, para fins de controle, inventário, disposição final e, necessariamente, deverá submeter à aprovação dos órgãos de controle ambiental o Programa de Gestão de Resíduos e

Lodo de Esgoto, conforme prevê a Resolução nº 005/88 e os relatórios finais do EPIA-RIMA do Sistema de Esgotamento Sanitário no Distrito Federal desde 1996.

Art. 13. O Poder Executivo criará, por meio de ato próprio, a Câmara de Gestão do Biossólido, com representantes de instituições governamentais, não-governamentais e privadas, especialistas e pesquisadores cuja missão será definir todas as atividades técnicas, restrições, indicadores de desempenho, parâmetros técnicos e ações necessárias para o estabelecimento e aperfeiçoamento e atualização de normas de uso do biossólido, com monitoramento contínuo dos resultados, revisões bi-anuais e atualizações anuais à luz de novos conhecimentos e tecnologias desenvolvidas pela pesquisa.

Parágrafo único. Os limites para densidade dos organismos especificados no art. 2º, incisos I e II, deverão ser atualizados por ato próprio do Poder Executivo, por sugestão da Câmara de Gestão do Biossólido, levando-se em consideração normas expedidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

Art. 14. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 15. Revogam-se as disposições em contrário.

Brasília, 15 de abril de 2005
Deputado FÁBIO BARCELLOS
Presidente