



O USO DE BIOSSÓLIDOS NO SETOR FLORESTAL

Fábio Henrique Silva Floriano de Toledo¹, Nelson Venturin², Thamylon Camilo Dias³

¹Mestrando, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. (fhtoledo@yahoo.com.br)

²Professor, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

³Mestrando, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo pesquisar sobre o uso de biossólidos no Brasil e em outros países. Foram citados vários trabalhos de diversos pesquisadores relacionados com o uso de biossólidos em viveiros e em plantios florestais. Em função do grande potencial de crescimento de instalação das estações de tratamento de esgoto (ETE), que tem como resíduo principal o lodo de esgoto, notou-se uma grande oportunidade para a disposição desse resíduo de uma forma não prejudicial ao meio ambiente, quando comparada as outras formas de disposição, sendo este resíduo tratado e utilizado como fonte de nutrientes na agricultura. Foram abordados temas de grande importância dentro do assunto, entre eles as formas de obtenção dos biossólidos e a legislação vigente que regulamenta o uso do produto em áreas agricultáveis. Por fim concluiu-se que a utilização de biossólidos no setor florestal é viável e trata-se do melhor destino dado aos resíduos das ETEs. Mesmo assim notou-se a necessidade de dados de estudos de longo prazo, para melhor avaliar e recomendar o seu uso.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de Esgoto, Plantio florestal, Viveiro florestal.

BIOSOLID USE IN THE FORESTRY AREA

ABSTRACT

The paper goal was research the biosolid use in Brazil and other countries. Many papers of several researchers related to the biosolid use in nursery and forest plantations were cited. Given the growth potential installation of Sewage Treatment Facilities (STF), which has as principal residual sludge, it was noticed that there has been a great opportunity to dispose this waste in a manner non harmful to the environment when compared to the other forms of disposal, having this residual treated and used as nutrient source in agriculture. Very important topics were approached in this subject, among them, the biosolids production and the current legislation around his use in agricultural areas. At last has been concluded that the biosolid use in forestry is viable and is the best destination for the STF residue. Even though it was noticed the necessity of long-term studies for a better evaluation and recommendation, for residue use.

KEYWORDS: Sewage sludge, Forest plantation, Forest nursery.

INTRODUÇÃO

Atualmente há uma crescente preocupação com a qualidade da água, que pode ser afetada por agentes poluidores ou da degradação do meio ambiente. Uma das alternativas para a minimização dessa poluição é o tratamento de esgoto em estações de tratamento de esgoto (ETE). Porém ao final deste processo de tratamento há um resíduo denominado “lodo de esgoto” que na maioria das vezes destina-se a aterros sanitários. Essa medida não é bem vista, pois, além de cara, pode gerar problemas sociais para a população residente em suas periferias, e poluir o meio ambiente ao seu redor (CHAGAS, 2000).

ANDREOLI *et al.*, (2000) citado por CUNHA, (2008) disse que seriam alcançados valores aproximados entre 9.000 e 13.000 toneladas de lodo de esgoto, no ano de 2001, caso toda a população brasileira fosse atendida pelo sistema de esgotamento sanitário. De acordo com SANTOS & TSUTIYA (1997) foi previsto uma produção de 575 t dia⁻¹ de lodo, no ano 2005, sendo considerado apenas as estações de tratamento da região metropolitana de São Paulo. Já nos Estados Unidos foi estimada uma produção de 6,9 milhões de toneladas, durante o ano de 1998 (GUEDES, 2005).

Segundo PIRES (2006) a condição sanitária das cidades brasileiras encontra-se caótica, apresentando 92% da população urbana com água encanada, 25% com coletas de esgoto e apenas 12% com sistema de tratamento de esgoto. Um exemplo de forma errada de disposição do esgoto é encontrado em São Paulo como no caso do rio Tietê, o qual recebe grandes quantidades de esgoto não tratado, necessitando dessa forma da instalação de estações de tratamento de esgoto para melhorar a situação sanitária da região.

De acordo com VERAS (2004) citado por SABONARO (2006) há um grande aumento na geração de resíduos sólidos devido a um grande crescimento demográfico, sendo este ainda agravado pelo aumento do desenvolvimento tecnológico. Dessa forma problemas como onde e como dispor os resíduos ficam cada vez mais evidentes.

GUEDES (2005) cita que na Conferência Rio+10, sediada em Johannesburgo na África do Sul no ano de 2002, dentre os vários assuntos tratados, a problemática do saneamento básico e tratamento de esgoto foram uma das poucas questões para os quais foram estabelecidos metas a serem cumpridas pelos países presentes na reunião.

GUEDES & POGGIANI (2003) dizem que uma das melhores formas de utilização do lodo de esgoto seria em plantios florestais na forma de adubação orgânica, utilizando seu potencial como fertilizante e condicionador de solo, tornando-se assim um substituto, ou ao menos, um complemento da adubação nitrogenada normalmente realizada pelas empresas florestais.

Sem dúvida alguma o lodo de esgoto possui um potencial enorme para ser utilizado em áreas agrícolas, porém esta utilização deve ser feita de forma cautelosa pelo fato de ainda não se conhecer bem ao certo os efeitos que ele pode provocar a saúde pública, ao ambiente ou gerar prejuízo financeiro do produtor. Dessa forma a utilização desse resíduo em áreas florestais parece ser a melhor saída em relação aos três fatores citados acima, principalmente ao considerar um grande intervalo de tempo entre as aplicações. Tendo em vista a baixa fertilidade natural dos solos brasileiros, há necessidade de uma adição externa de nutrientes no sistema, o qual, normalmente é suprido com a utilização de adubos minerais, sendo que estes

podem ser substituídos por adubos orgânicos, como por exemplo, os lodos de esgoto. Porém é necessário saber com exatidão a quantidade desse adubo que as árvores necessitam principalmente na sua fase inicial de crescimento, sem que essa quantidade afete negativamente o meio ambiente (LUDUVICE, 2000; POGGIANI & SILVA, 2005 citados por SILVA *et al.*, 2008b).

Há de se salientar que a produção de papel também é geradora de resíduos e que constantes aumentos na demanda da produção implicam na geração diária de grande quantidade de resíduos, em função dos diferentes processos tecnológicos e da qualidade das aparas de papel, constituindo uma preocupação ambiental (MORO & GONÇALVES, 1995 citado por COSTA *et al.*, 2008). Portanto esses resíduos também podem e devem ser aproveitados de forma semelhante a do biossólido, sendo reutilizados nos plantios de *Pinus* ou *Eucalyptus* de empresas que produzem celulose e ou papel, ou da região ao redor dessas fábricas.

No Brasil, a pesquisa sobre a utilização de biossólido na agricultura já acontece desde o início da década de 80, mas a pesquisa em silvicultura e viveiros florestais ainda é fato recente (BETTIOL & CARVALHO, 1982).

O objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão bibliográfica sobre o uso de biossólidos na área florestal, mostrando a evolução dos estudos pelo mundo e principalmente no Brasil e também apontar suas vantagens e desvantagens em relação aos processos convencionais utilizados em silvicultura e viveiros florestais.

REVISÃO DE LITERATURA

Lodo de esgoto, biossólido e sua obtenção

O lodo de esgoto é obtido através da coleta dos diferentes tipos de resíduos líquidos, onde posteriormente são destinados as estações de tratamento de esgoto e passam por alguns processos até tornarem-se biossólidos. O corpo do lodo de esgoto é formado por bactérias mortas, onde estas alimentam-se de moléculas orgânicas presentes no resíduo recolhido. Após um aumento exponencial dessas bactérias, as mesmas morrem devido a acumulação de produtos tóxicos do seu metabolismo. O sistema de tratamento de esgoto é variado, obtendo-se dessa forma produtos finais distintos entre si. Porém de forma geral os lodos podem ser divididos em três tipos, sendo eles o primário, o ativado e o digerido. O primário caracteriza-se por ser um lodo bruto, com coloração acinzentada, aspecto pegajoso e odor ofensivo. Já o lodo ativado, é produzido através de reatores biológicos, com aparência floculenta, coloração marrom e odor pouco ofensivo se mantido em condições aeróbicas. E por fim o lodo digerido, o qual passou por uma fase de estabilização biológica, e não possui odor ofensivo (TSUTYA, 2000 citado por GUEDES, 2005).

A higienização do lodo de esgoto é de grande importância, pois é necessária uma diminuição de patógenos, que podem encontrar-se no mesmo, para a sua utilização agrícola. Isso significa principalmente um número reduzido de ovos de vermes, bactérias, quistos de protozoário e vírus, além de baixos teores de elementos potencialmente tóxicos, tais como metais pesados e poluentes orgânicos persistentes (HENRY, 2001). Também é necessária uma diminuição da atração de animais com potencial para a transmissão de doenças tais como roedores e moscas. No Quadro 1 podem ser observados alguns patógenos encontrados em águas residuais e suas respectivas doenças.

QUADRO 1: Alguns patógenos encontrados em águas residuais e suas respectivas doenças.

Patógeno	Doença
Bactéria	
<i>Salmonella</i> spp.	Salmonelose
<i>Shingella</i> spp.	Shigelose
Protozoário	
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebíase
Helmintos Parasitas	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariíase
<i>Ancylostoma duodenale</i>	Ancilostomose
<i>Necator americanus</i>	Ancilostomose
<i>Taenia saginata</i>	Teníase
Vírus	
Poliovírus	Poliomielite
Vírus Coxsackie	Meningite, Gastroenterite
Rotavírus	Gastroenterite aguda, Diarréia
Adenovirus	Infecção respiratória aguda, Faringite e Pneumonia infantil
Vírus da Hepatite	Hepatite infecciosa

Fonte: HENRY, 2001.

Os processos de tratamento de lodo de esgotos e de produção de biossólidos processam-se através de fenômenos físicos, químicos e biológicos. Desta forma, o tratamento pode ser separado nas seguintes fases: tratamento preliminar, tratamento primário, secundário e terciário. Segue abaixo as fases do tratamento do lodo de esgoto de acordo com FERNANDES, (2000).

Tratamento preliminar: destina-se a remover por ação física o material grosseiro e uma parcela das partículas maiores em suspensão no esgoto. Geralmente o material grosseiro (semelhante a lixo) é retido por grades, enquanto que as partículas em suspensão são retidas por caixa de areia. Na caixa de areia ficam retidas, por sedimentação, as partículas minerais pesadas com predominância de areia. Normalmente o tratamento preliminar fica restrito ao uso de grade e caixa-de-areia.

Tratamento Primário: remove por ação física uma parcela a mais das partículas em suspensão no esgoto através da passagem da fase líquida, em baixa velocidade, em um decantador. Nesse decantador algumas partículas depositam-se no fundo, onde constituem o lodo primário, e outras ascendem para a superfície líquida, formando a camada de espuma.

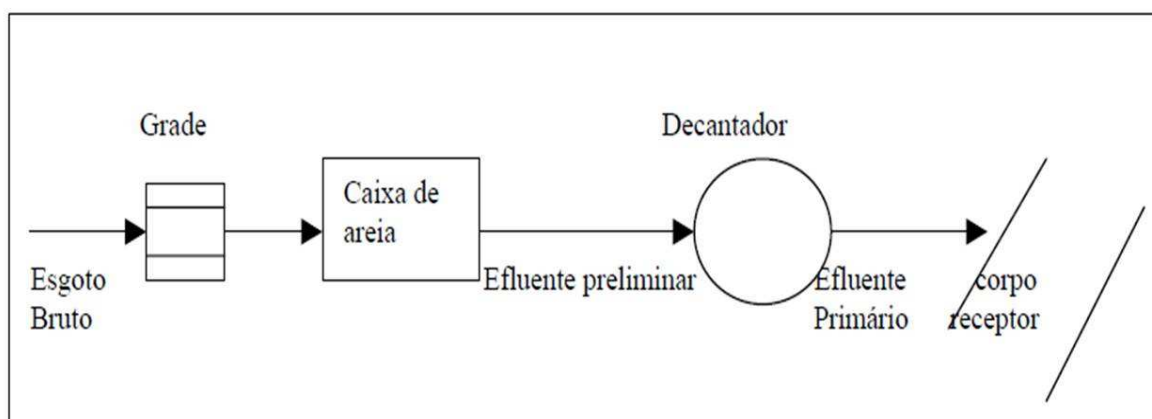


FIGURA 1: Esquema de uma estação de tratamento primário de esgoto 1 (Fonte: FERNANDES, 2000).

Tratamento secundário: é um processo biológico de tratamento que, a depender de sua modalidade, pode atuar sobre o efluente primário, sobre o efluente preliminar ou, até mesmo, sobre o esgoto bruto apenas livre de material grosseiro. No tratamento biológico, o mecanismo mais importante para a remoção do material orgânico do esgoto é o metabolismo bacteriano. As ETEs com tratamento biológico diferenciam-se entre si normalmente pelos tipos de unidades que promovem esse tratamento: filtro biológico, tanque de lodo ativado, valo de oxidação, carrossel, lagoa aerada, lagoa de estabilização e reator anaeróbio.

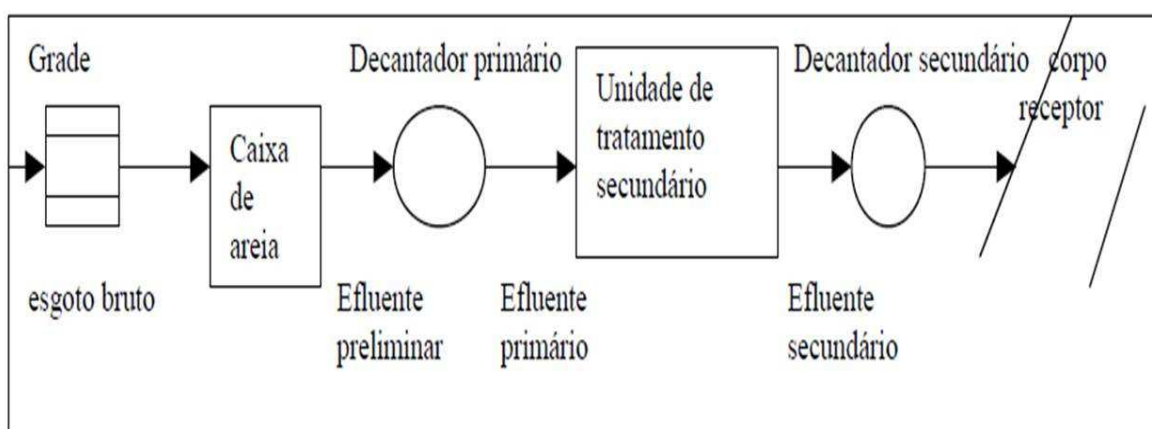


FIGURA 2: Esquema de uma estação de tratamento secundário de esgoto 2 (Fonte: FERNANDES, 2000).

Tratamento terciário (avançado): destina-se a remover do efluente secundário as substâncias que o tornam impróprio para determinado fim ou para ser lançado num manancial de água. Um exemplo de tratamento terciário é a remoção de partículas diminutas minerais e orgânicas, em suspensão e dissolvidas, presentes no efluente secundário a fim de transformá-lo em água potável. O exemplo mais comum é a remoção de nitrogênio e do fósforo presentes no efluente secundário, para que estes não favoreçam a proliferação de algas capazes de causar odor e sabor na água do corpo receptor.

No tratamento primário cerca de 50% dos sólidos são removidos no processo. Já no tratamento secundário são removidos aproximadamente 45%. O restante dos 5% dos sólidos possui um teor de 60 a 80% de matéria orgânica, o restante é água.

Os sólidos do primeiro e do segundo tratamento são misturados e levados a um local para receberem o tratamento de estabilização. Existem vários processos de estabilização, mas os principais objetivos são a redução da matéria orgânica facilmente decomposta e a destruição de patógenos. Os sólidos do tratamento terciário são química e fisicamente diferentes dos biossólidos e podem ser misturados, eliminados ou reciclados apropriadamente (FERNANDES, 2000).

O lodo produzido no tratamento de esgoto pode ter diferentes alternativas de disposição, como aterro sanitário, incineração, disposição em águas marítimas, aplicação em sistemas agroflorestais, plantios e viveiros florestais. Na Tabela 1 observa-se a produção anual (base seca), uso e disposição de lodos de esgoto em países da comunidade europeia, nos Estados Unidos e no Japão (ANDRADE, 2004).

TABELA 1: Produção anual (base seca), uso e disposição de lodo de esgoto em países da comunidade europeia, nos Estados Unidos e no Japão.

Países	Ano	Produção anual (1000 t/ano)	Aterro	Incineração	Oceano	Agricultura	Outros
			%				
Bélgica	1994	35	43	57	...
Dinamarca	1994	150	29	28	...	43	...
França	1994	900	53	20	...	27	...
Alemanha	1994	2750	65	10	...	25	...
Grécia	1994	200	90	10	...
Irlanda	1994	23	34	...	43	23	...
Itália	1994	800	55	11	...	34	...
Luxemburgo	1994	15	20	80	...
Países Baixos	1994	280	29	10	8	53	...
Portugal	1994	200	12	...	8	80	...
Espanha	1994	300	10	...	29	61	...
Reino Unido	1994	1500	16	5	28	51	...
EUA	1988	4112	3	16	6	33	42
Japão	1994	1413	80	...	1	13	6

Fonte: ANDRADE, 2004.

De acordo com FORSTER *et al.*, (1977) citado por SILVA *et al.*, (2008a) a opção de melhor interesse ecológico e econômico seria a utilização dos biossólidos no plantios florestais, aproveitando seu potencial como fertilizante e como condicionador de solo, melhorando a fertilidade e mantendo a ciclagem de nutrientes no ecossistema.

O processo de retirada da fração sólida do esgoto, que varia entre 1 e 2% do volume total, pode corresponder até 40% do custo operacional da estação de tratamento (TSUTIYA, 2000 citado por GUEDES, 2005). Já ANDREOLI *et al.*, (2001) citado por CUNHA, (2008), diz que o gerenciamento (tratamento, transporte e destino final) pode ser de 20-60% dos custos operacionais, os quais, se mal executados, podem gerar impactos ambientais e de saúde pública.

De acordo com TAVARES (2003) citado por ANDRADE (2004) o uso dos biossólidos em plantações reduz em 25% o custo final, em relação a disposição do mesmo em aterros sanitários, mesmo quando nada é cobrado do agricultor que o

utilizará, sendo o transporte e a assistência técnica custeados pela empresa que gerencia o resíduo. POGGIANI *et al.*, (2000) e MELO *et al.*, (1994) citados por ANDRADE (2004) ainda complementam que os benefícios do uso desse resíduo no campo não é apenas econômico, uma vez que boa parte dos nutrientes extraídos no ato da colheita florestal retornam ao ecossistema após a adubação orgânica diminuindo assim o impacto negativo sobre o meio ambiente, isso quando comparado com as outras possibilidades de descarte. Nos solos brasileiros, muito intemperizados, a capacidade de troca catiônica (CTC) depende extremamente da matéria orgânica do solo, deficiência essa que é também sanada com adubação orgânica.

O surgimento do termo bio sólido teve como objetivo tirar a conotação pejorativa do termo lodo de esgoto, e de uma certa forma promover o entendimento de que o mesmo pode e deve ser reutilizado. Sendo assim passou a ser largamente utilizado em normas legais e em vários países. Porém o bio sólido refere-se apenas a um tipo específico de lodo. De acordo com a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), o termo refere-se exclusivamente ao lodo gerado através do tratamento biológico de despejos líquidos sanitários e que atenda as normas para sua utilização segura na agricultura (GUEDES, 2005). Porém, mesmo após a criação do termo, muitos sinônimos são utilizados, assim como lodo de esgoto, lixo de esgoto, resíduo, entre outros.

A composição dos bio sólidos é muito variada e dependente da origem do lodo de esgoto e do tratamento recebido nas ETEs. Mas em geral é um produto rico em matéria orgânica, pH básico, quando tratado com cal, e neutro, quando tratado com polímeros (GUEDES, 2005), e que possui altos níveis de nitrogênio e fósforo, além de boas quantidades de macronutrientes como cálcio, magnésio e enxofre, e de micronutrientes como zinco, boro, cobre, ferro e manganês (HENRY, 2001). Por outro lado, pode possuir deficiências como, por exemplo, de potássio (VAZ & GONÇALVES, 2002). Essa composição, e seu preço mais acessível, permitem que esse produto proporcione uma diminuição significativa na utilização de adubos e fertilizantes, necessitando de pequenas complementações em sua composição nutricional. Nas Tabelas 2 e 3 verificam-se as diferenças nutricionais entre um latossolo vermelho-amarelo e um bio sólido tipo B produzido na ETE de Barueri-SP. Na Figura 3 tem-se a composição química de um solo típico Norte Americano com um Bio sólido.

TABELA 2: Atributos químicos de um latossolo vermelho-amarelo.

Profundidade	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	M
cm		g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³				mmol.dm ⁻³				%	
0-5	3,6	56	2	0,9	3	2	92	19	6	97	5	79
5-10	3,8	18	1	0,9	2	2	53	12	5	59	10	68
10-20	3,8	15	1	0,9	4	1	45	10	5	50	11	65

Profundidade	Cu	Zn	Mn	Fe	S-SO ₄ ⁻²	B
cm	mg.dm ⁻³					
0-5	0,5	0,5	2,4	123	12,8	0,2
5-10	0,6	0,3	0,5	76	13,9	0,2
10-20	0,7	0,3	0,3	26,6	26,6	0,2

Fonte: VAZ & GONÇALVES (2002)

TABELA 3: Concentração de elementos químicos (formas totais, base seca - 65°C) do bio sólido tipo B produzido pela Estação de Tratamento de Esgoto de Barueri-SP.

Elemento	Concentração	Elemento	Concentração
C (g.kg ⁻¹)	114	S (g.kg ⁻¹)	6
N (g.kg ⁻¹)	26,6	Fe (mg.kg ⁻¹)	39200
Relação C:N	4,3	Zn (mg.kg ⁻¹)	1500
P (g.kg ⁻¹)	9,5	Mn (mg.kg ⁻¹)	300
K (g.kg ⁻¹)	1,3	Cd (mg.kg ⁻¹)	21
Ca (g.kg ⁻¹)	95	Pb (mg.kg ⁻¹)	200
Mg (g.kg ⁻¹)	3	Umidade (%)	60
Na (g.kg ⁻¹)	0,5	pH	10,6

Fonte: VAZ & GONÇALVES (2002)

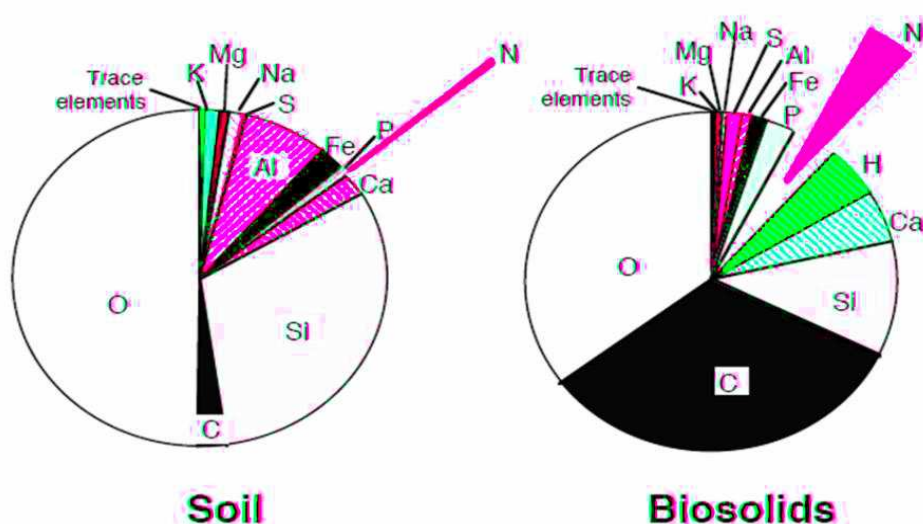


FIGURA 3: Composição química de um solo típico Norte Americano e de um Bio sólido (Fonte: HENRY, 2001).

NOLASCO (2005) afirma que os bio sólidos apresentam algumas limitações como fertilizante, apresentando alto teor de matéria orgânica e baixos teores de Al, Na e K, os quais, em solo, alteram a relação C/N e são limitantes como fertilizantes, mesmo que com baixos impactos em relação ao Al e Na. Porém se houver falta de nutrientes no solo, é indicado o fornecimento de fertilizantes ou resíduos urbanos e industriais.

O bio sólido pode ser obtido na forma úmida (torta) ou seca (granulado), sendo que de acordo com SILVA et al. (2008b), em estudo realizado em uma plantação com 18 meses de idade de *Eucalipitus grandis*, não há uma diferença significativa entre ambos em relação à produção. Porém o lodo seco e granulado oferece diversas vantagens em relação ao lodo úmido, visto que, além de ser completamente isento de patógenos, torna-se mais econômico no seu transporte e tecnicamente mais operacional sua distribuição no campo.

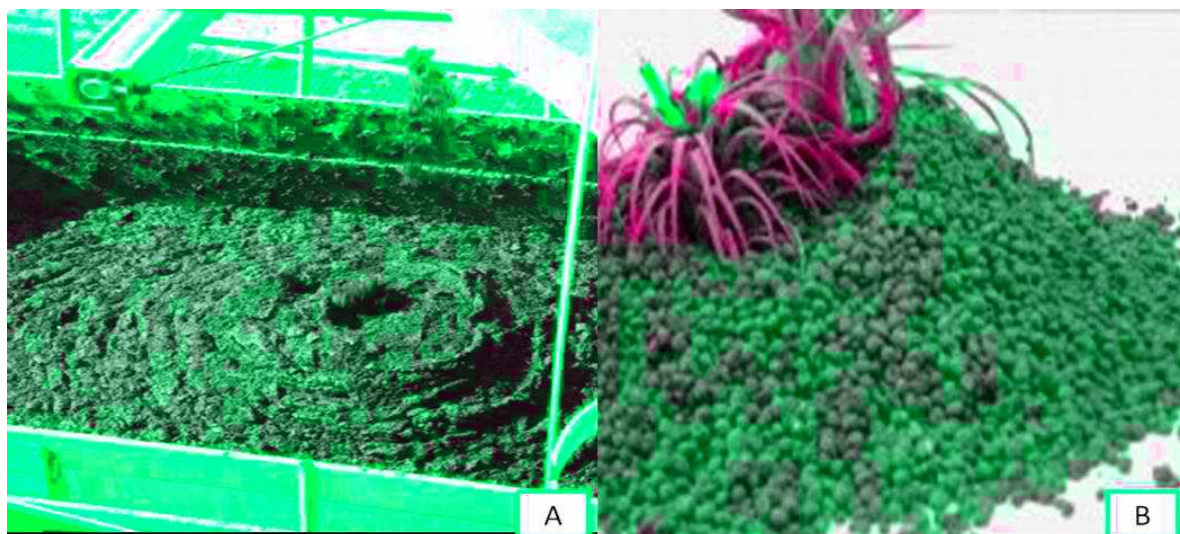


FIGURA 4: (a) - Lodo de esgoto bruto da estação de São Miguel - SP, (b) - Biossólido granulado (Fontes: (a)- <http://quimicaeinformatica.blogspot.com>, (b)- Andritz.).

Histórico

Em antigas civilizações os dejetos eram depositados em áreas próximas as cidades, porém com o seu crescimento essas áreas não conseguiram mais, por si só, conter o problema que foi solucionado com deposição do lixo e dejetos nos corpos d'água mais próximos, situação que até pouco tempo ainda era muito utilizada no Brasil, principalmente em cidades litorâneas (HENRY, 2001). A sociedade chinesa foi única a promover o desenvolvimento de um sistema ecologicamente correto para reciclagem de resíduos. A maioria das outras antigas civilizações urbanas centraram-se em melhorar as formas de descarte de resíduos urbanos. Muitas civilizações desenvolveram sistemas de esgoto que ajudaram a proteger a saúde pública local, mas geralmente criavam problemas rio abaixo.

Os dejetos humanos começaram a ser utilizados de forma direta na agricultura no oriente médio, especificamente na China, onde os mesmos eram utilizados sem nenhum tipo de tratamento e ou higienização. Já sua utilização no ocidente data do início do século XIX por volta do ano de 1900, período no qual a Inglaterra começou a combater uma epidemia de cólera (GUEDES, 2005).

Nos Estados Unidos a criação da agência de proteção ambiental (Environmental Protection Agency), órgão que, além de outras competências, é responsável pela fiscalização do uso do biossólido nos E.U.A., se deu na década de 70, porém regulamentações referentes a proteção da água e corpos d'água já existiam a mais de um século. A primeira regulamentação conhecida foi o ato dos rios e portos (River and Harbor act) em 1886, a sua intenção era a proteção dos corpos d'água nacionais, fazendo com que rios, córregos e portos não virassem lugares de despejo de resíduos (HENRY, 2001).

Na Europa, a reciclagem de biossólidos (lodo de esgoto tratado) para a agricultura é amplamente praticada. Ela é apoiada pela Comissão Européia e para muitos governos europeus, na maioria das circunstâncias, esta benéfica reutilização é considerada como a melhor opção ambiental. Mais de 37% de todo o lodo de esgoto produzido na União Européia é reciclado e utilizado em terras agrícolas,

embora a taxa real varie consideravelmente de país para país (EVANS, 2012).

No Brasil um grupo de trabalho foi formado para tratar do assunto da utilização agrícola dos bio sólidos no ano de 2003. O grupo foi composto por diretores de diversos setores, como instituições de pesquisa, companhias de saneamento, órgãos ambientais, etc., finalizando seus trabalhos no ano de 2005. (PIRES, 2006). No dia 29 de Agosto de 2006 a Resolução 375 do CONAMA, que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodo de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus derivados, foi publicada.

Segundo a mesma autora é interessante destacar que mesmo antes do início das atividades de elaboração da resolução, alguns estados como São Paulo e Paraná já possuíam normas e/ou manuais orientando a maneira adequada de realizar o uso agrícola do lodo de esgoto.

Apesar dos estudos da utilização de bio sólidos na agricultura serem da década de 80 (BETTIOL & CARVALHO, 1982) os estudos na área florestal, especificamente em plantios, são bastante recentes, datando do final da década de 90. Os primeiros trabalhos com bio sólidos realizados na área florestal foram realizados por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), os quais elaboraram um grande projeto de pesquisa contando com vários subprojetos objetivando a verificação da viabilidade econômica, ecológica e silvicultural do uso do bio sólido (GUEDES, 2005).

A utilização do lodo de esgoto na produtividade de culturas anuais e perenes vem sendo amplamente estudada por pesquisadores estrangeiros (HANSEN & JORGENSEN, 1991; ANDREOLI *et al.*, 1994; HENRY *et al.*, 1994; citados por POGGIANI & BENEDETTI (1999). Nos Estados Unidos e na Austrália, diversos estudos mostram alterações químicas e físicas benéficas promovidas pela aplicação do bio sólido nos solos florestais principalmente ligada a matéria orgânica presente nos bio sólidos, aumentando assim a produtividade das plantações florestais (HENRY *et al.*, 1994; HARRISON *et al.*, 1994; POLGLASE & MYERS, 1995, citados por ASSENHEIMER, 2009). Nas condições brasileiras, alguns trabalhos vêm sendo efetuados em áreas agrícolas, plantios de florestas de rápido crescimento e produção de mudas com resultados promissores.

Uso em plantios florestais

Grande parte das áreas florestais situa-se em locais com solos muito intemperizados e, conseqüentemente, de baixa fertilidade, podendo em alguns casos localizar-se em áreas degradadas ou em processo de degradação. Outros fatores que influenciam e agravam esse processo é a mecanização, promovendo a compactação do solo, e o uso prolongado de fertilizantes, aumentando dessa forma a perda de nutrientes por exportação e também contaminando o lençol freático (MOLINA, 2004).

O mesmo autor comenta que o bio sólido vem sendo bastante utilizado em empresas florestais visando a minimização dos custos com a aplicação de fertilizantes químicos e melhorando a produtividade da floresta, além de minimizar a exportação de nutrientes do sistema.

A matéria orgânica possui uma enorme importância na composição dos bio sólidos, pois além de apresenta-se em alta quantidade nos mesmos, este confere uma boa constituição física aos solos, pelo fato de ser um agente agregador de partículas e estabilizador de agregados. Dessa forma há melhoras em

características como a infiltração de água no perfil do solo, aeração, retenção de umidade, entre outras. O bio sólido também é responsável pela ativação da vida da microbiana do solo, conseqüentemente aumentando a resistência das plantas a pragas. E por fim há uma fixação, complexação ou quelação de elementos tóxicos, como os metais pesados, indisponibilizando-os para as plantas (SABEY, 1974; CARVALHO & BARRAL, 1981; KIEHL, 1985; HENRY *et al.*, 1994; AYUSO *et al.*, 1996; WANG, 1997; RAIJ, 1998; citados por MOLINA, 2004).

Conduzindo um estudo com a espécie *Eucalyptus grandis* GUEDES (2005) utilizou bio sólidos tratado com cal e cloreto férrico nas entrelinhas do plantio. Como resultado foi encontrado um efeito positivo no crescimento das árvores, porém de uma forma mais demorada, aproximadamente um ano, pelo fato da disposição do bio sólido não ter ocorrido nas linhas de plantio e sim nas entrelinhas. Também é interessante ressaltar que o bio sólido atua como um adubo de liberação lenta, disponibilizando pouco a pouco os nutrientes para as plantas, e dessa forma o mesmo sofre uma menor lixiviação (SILVA, 2008a).

De acordo com o mesmo autor, estudando a volumetria de madeira produzida após a aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto úmido (torta) e seco (granulados) complementado com K e B em uma floresta de *Eucalyptus grandis* de 18 meses chegou a conclusão de que não há diferença estatística entre o lodo úmido, o lodo seco e a adubação mineral, porém estes diferem das testemunhas. Nesta mesma pesquisa foi comprovada a melhor opção para aplicar o lodo nas linhas de plantio, levando em conta o volume de madeira produzido aos 18 meses de idade (Figura 5), que foi superior a 30 m³ por hectare em quase todos os tratamentos. Os tratamentos utilizados no estudo foram: Testemunha – sem adubação e sem aplicação de lodo de esgoto; 10 úmido – 10 t ha⁻¹ de lodo de esgoto úmido com complementação de potássio e boro; 10 seco – 10 t ha⁻¹ de lodo de esgoto seco com complementação de potássio e boro; 20 úmido – 20 t há⁻¹ de lodo de esgoto úmido com complementação de potássio e boro; 20 seco – 20 t há⁻¹ de lodo de esgoto seco com complementação de potássio e boro; 30 úmido – 30 t há⁻¹ de lodo de esgoto úmido com complementação de potássio e boro; 30 seco – 30 t há⁻¹ de lodo de esgoto seco com complementação de potássio e boro. Comparativamente, GUEDES & POGGIANI (2003) obtiveram, também aos 18 meses de idade, nos tratamentos com doses crescentes de bio sólido úmido tratado com cal, mas aplicado nas entrelinhas de plantio, um volume de madeira variando entre 15 e 20 m³ por hectare.

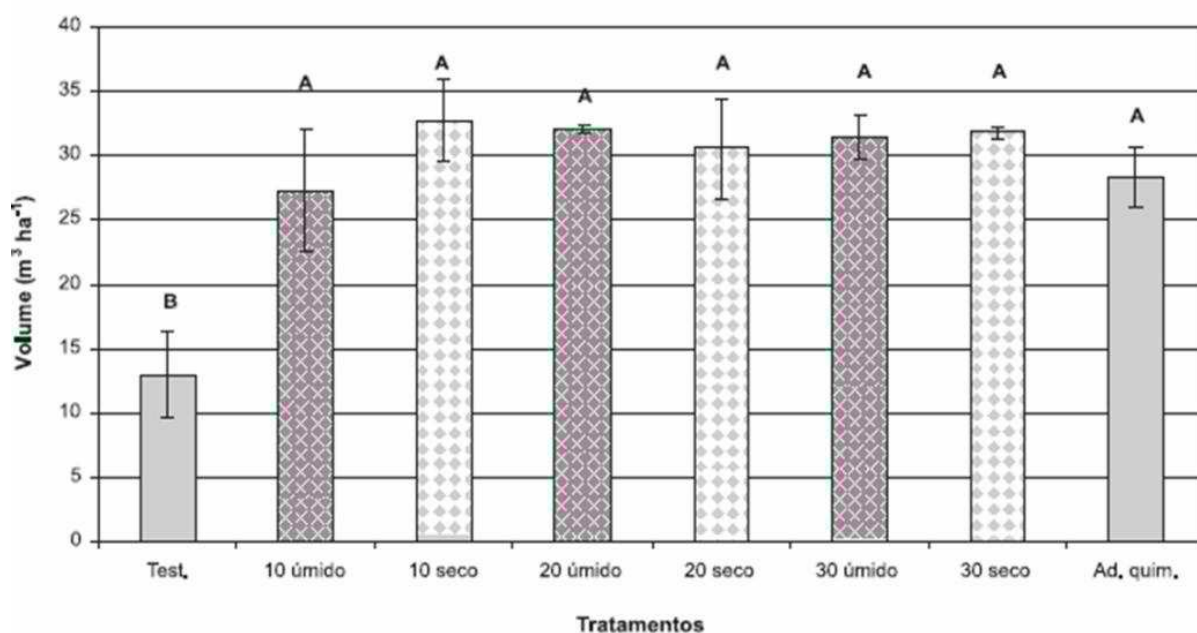


FIGURA 5: Volume de madeira produzida pelos *Eucalyptus* aos 18 meses de idade, com bio sólido aplicado na linha de plantio (Fonte: SILVA et al., 2008a).

VAZ & GONÇALVES (2002) estudando o efeito da aplicação de crescentes doses de bio sólidos no crescimento de uma floresta de *Eucalyptus grandis*, entre outros objetivos, perceberam que houve uma resposta quadrática em termos de produção de madeira a medida que aumentava a dose do bio sólido. Aos 17 e 24 meses de idade os resultados mostraram que a resposta do crescimento em relação as doses de bio sólidos aumentaram conforme a idade, evidenciando assim uma lenta mineralização e solubilização do lodo, fazendo com que a sua fertilidade fosse aumentando com o passar do tempo. Houve também um aumento na área explorada pelas raízes, facilitando a absorção dos nutrientes pelas plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por ROCHA (2002), o qual estudou a aplicação de lodo de esgoto em plantios de *Eucalyptus grandis*. Nesse estudo foi observado que a fertilidade do solo também aumentou conforme aumentava a dose do resíduo, quando comparados com a adubação convencional. As conclusões mais uma vez foram em relação da decomposição mais lenta do resíduo, o que proporcionava uma maior disponibilidade de nutrientes para as plantas ao longo do tempo.

REISSMANN & WISNIEWSKI (2005) afirmam que nas florestas de *Pinus*, é importante conciliar os processos de ciclagem, a atividade biológica e a aplicação de fertilizantes e resíduos orgânicos, para aumentar ou ao menos manter a qualidade do sítio e a sustentação da produtividade. O equilíbrio dessa entrada e a saída de nutrientes é condição fundamental para a manutenção da produtividade, principalmente em florestas implantadas em solos pobres, situação muito comum no cenário florestal brasileiro.

De acordo com SMITH & CARNUS (1997) citados por GUEDES (2005) os bio sólidos passaram a ter uma grande aceitação devido aos inúmeros estudos realizados mundo afora, solidificando fundamentos práticos e teóricos para a sua utilização ambientalmente aceitável. Em relação a cultura do eucalipto ainda

encontram-se poucas referências na literatura internacional, destacam-se a Austrália, a Nova Zelândia e o Egito.

POGGIANI & BENEDETTI (1999) diz que existem registros de respostas positivas de espécies florestais de interesse silvicultural submetidos a adição de lodo de esgoto na Europa e nos Estados Unidos. Relatou-se que em plantios de *Picea sitchensis* na Inglaterra houve incrementos consideráveis quando nestes foram aplicados quantidades de lodo de esgoto variando de 13 a 26 t/ha em peso seco, sem que a qualidade do solo e da água fossem alterados. Porém percebeu-se a necessidade de estudos em longo prazo para melhor entender o efeito dos metais pesado frente aos animais silvestres, no solo e na vegetação.

Foram conduzidos alguns estudos durante 20 anos em florestas experimentais em Washington, Estados Unidos, onde o potencial do lodo de esgoto também foi constatado, aumentando assim a taxa de crescimento das árvores, tanto em plantios jovens quanto nos plantios em idades avançadas, evidenciando também que a resposta ao crescimento desses plantios se apresentou maior e mais duradoura quando comparada com a adubação mineral (HENRY *et al.*, 1993 citado por GUEDES, 2005).

MCNAB & BERY (1985) citado por SILVA *et al.*, 2008a, estudando a aplicação de lodo de esgoto em plantio de diferentes espécies de *Pinus* em solos degradados dos EUA, observaram que o tratamento com a aplicação de lodo obteve maior incremento em relação ao tratamento com adubação mineral.

São várias as razões pelas quais se devem considerar áreas de florestas como candidatas potenciais para a utilização de resíduos orgânicos. Muitas florestas são limitadas em seu crescimento devido às deficiências nutricionais, as quais podem ser encontradas nos resíduos orgânicos, especialmente nitrogênio e fósforo (HARRISON *et al.*, 2003 citado por ASSENHEIMER, 2009).

Uso em viveiros florestais

A produção de mudas de espécies florestais, nativas ou exóticas, visa assegurar a melhor qualidade possível da muda que vai a campo, para que dessa forma esta consiga maiores chances de sobreviver às condições menos favoráveis que as encontradas no viveiro de mudas. Sem dúvida, uma das maiores dificuldades encontradas relacionadas a produção de mudas é a falta de conhecimento de necessidades nutricionais, principalmente das espécies nativas, e também o ritmo do crescimento das plantas. Deste modo é necessário fazer uso de estratégias que culminem na produção de mudas de qualidade em um pequeno espaço de tempo e de forma barata, para ser acessível a qualquer tipo de empreendedor. É enorme a quantidade de formulações de adubos e substratos no meio florestal, porém a utilização de resíduos no viveirismo visa baratear o custo de produção das mudas e pode sanar problemas relacionados à nutrição (SABORNARO, 2006).

De acordo com ASSENHEIMER (2009) existem vários compostos que podem funcionar como condicionadores de solos e dessa forma serem combinados com os solos utilizados para a confecção dos substratos para a produção de mudas. Alguns exemplos são: Biossólidos municipais, resíduos municipais de celulose e papel, cinzas de incineradores, compostos derivados da compostagem de matéria-prima, tais como, biossólidos, resíduos de jardinagem, lixo urbano, compostos de resíduos mistos e resíduos de produtos florestais.

TRIGUEIRO & GUERRINI (2003) dizem que os substratos utilizados para a

formação de mudas florestais necessitam níveis adequados para a sustentação das mesmas, possuírem bons níveis de retenção de água, oxigênio e nutrientes, fornecer pH compatível para a manutenção da muda e não apresentar elementos químicos em níveis tóxicos. O atributo mais importante dos substratos é a física, sendo composto por partículas minerais e orgânicas. O estudo do melhor balanço entre todas essas variáveis é de suma importância, pois todas elas atuarão de forma direta no desenvolvimento das mudas (FAUSTINO, 2005).

De acordo com a literatura, verifica-se que o biossólido em razão de sua constituição predominantemente orgânica, quando incorporado ao solo, promove a melhoria no estado de agregação das partículas, proporcionando a diminuição na densidade e o aumento na macroporosidade, o que possibilita maior aeração e retenção de água. Por outro lado, também se observa o aumento da CTC, pH, e redução de Al trocável, além de aumentar a população microbiana benéfica do solo. STRINGHETA *et al.*, (1999) estudando diferentes proporções de lixo urbano e palha de arroz como condicionador de solo em mistura com solo e areia obteve como resultado uma elevação no peso de matéria seca e fresca das folhas de crisântemo em detrimento do aumento da dose de lixo urbano no substrato, sendo que as melhores concentrações de N e P nas folhas foram obtidas no tratamento com 33% de composto de lixo orgânico e 66% de palha de arroz carbonizada.

FAUSTINO *et al.*, (2005), testando o lodo de esgoto previamente higienizado como substrato para a produção de mudas de *Senna siamea* Lam em Recife, observaram um melhor crescimento com substrato contendo 50% de lodo (lodo/solo), seguido de 25% de lodo + 25% de pó de coco (lodo/pó de coco/solo), sendo que todos os tratamentos tiveram o desenvolvimento superior ao da testemunha.

Em experimento com a espécie *Pinus taeda*, MAIA (1999) testou 14 diferentes tipos de substratos combinando diferentes doses de casca de *Pinus* e lodo das estações de tratamento de efluentes objetivando avaliar a eficácia do uso destes como substratos. Foi concluído então que o lodo não deve ser utilizado puro, pois apesar de seu alto teor de nutrientes, possui uma baixa porosidade, dessa forma a sua mistura com a casca de pinus torna-se essencial para a correção dessa deficiência.

CUNHA *et al.*, (2005) em estudo avaliando a produção de mudas de *Tabebuia impetiginosa* (ipê roxo) objetivando o baixo custo de produção, testaram dois tipos de substratos, subsolo com presença e com ausência de composto orgânico, e quatro tamanhos de sacos plásticos. Como resultado verificaram que para todas as variáveis estudadas o substrato com a presença do composto orgânico se sobressaiu.

TRIGUEIRO (2002) estudando a utilização de biossólidos como substrato para mudas de *Pinus* e eucalipto comparando com a utilização de um substrato comercial, obteve uma economia de fertilizantes de 64% para o eucalipto e 12,5% para o *Pinus*. O autor ainda sugere um maior número de estudos relacionados a utilização de biossólidos na formação de substratos de mudas a fim de conhecer melhor as exigências nutricionais das mudas frente ao biossólido para estabelecer melhores índices de economia de fertilizantes.

TABELA 4: Cálculo da economia de adubos por parcela de 30 plantas.

	Pinus		Eucalipto	
	Multiplant	BIO/CAC ¹	Multiplant	BIO/CAC ¹
Número de adubações	40	35	25	9
Volume por adubação (L/Parcela)	1	1	1	1
Fertilizante por adubação NA ² +NK ³ (g/L)	4	4	4	4
Total gasto na NA+NK (g)	160	140	100	36
Quantidade (%)	100	87,5	100	36
Economia (%)	...	12,5	...	64

Fonte: TRIGUEIRO, 2002. ¹Substrato a base de biossólidos e casca de arroz carbonizada, ²Nitrato de amônio e ³Nitrato de potássio.

Vantagens e desvantagens do uso do biossólido na área florestal

As aplicações de biossólidos em áreas florestais estão distribuídas nas esferas econômica, ambiental e social, sendo que a esfera econômica, apesar do custo para o recolhimento, armazenamento e tratamento das diversas fontes de efluentes, a forma de disposição dos biossólidos em áreas de plantio e na formação de substratos para produção de mudas constitui uma das formas mais baratas quando comparada com outras formas de descarte do mesmo. Outra economia se dá em função da substituição da adubação mineral pelos biossólidos. Na esfera ambiental vê-se que o biossólido utilizado nas áreas florestais deixa de poluir cursos d'água, além de não ser incinerado, não contribuindo para o aumento do aquecimento global. A utilização dos biossólidos pode também ser encarada como uma forma de regresso de grande parte dos nutrientes exportados no momento da colheita da madeira, além de condicionar o solo, diminuindo as perdas de nutrientes por erosão e lixiviação e protegendo o solo. Como componente social pode-se ressaltar a geração de empregos nas áreas ambientais e florestais, pois essa prática possui um longo ciclo, necessitando de um monitoramento contínuo e de inovações tecnológicas para a melhoria dos sistemas hoje existentes (MOLINA, 2004; GUEDES, 2005; SILVA *et al.*, 2008a; ASSENHEIMER, 2009).

Um dos fatores limitantes para a utilização do lodo de esgoto seria a alta taxa de metais pesados existentes em sua composição química. Estas quantidades poderiam acarretar em uma possível contaminação do solo, águas subterrâneas e fauna silvestre que possa entrar em contato com o lodo. Porém até então, estudos mostram que, quando há uma alta taxa de metais pesados, essa limita-se a um ou a poucos elementos, e essas quantidades não afetam negativamente o crescimento das culturas florestais, tanto quando usados em viveiros quanto em plantios, não apresentando perigo ao meio ambiente. Esse tipo de problema pode ser solucionado com a elaboração de leis que visam regulamentar o despejo desse tipo de resíduo nos corpos d'água, que na maioria das vezes provem de indústrias, situação que já ocorre nos EUA (POGGIANI & BENEDETTI, 1999; HENRY, 2001; MOLINA, 2004).

Legislação vigente

No tocante a legislação federal em relação a utilização de biossólidos no setor
ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. **2289** 2012

agrícola e florestal, a resolução CONAMA 375 de 29 de agosto de 2006, define vários critérios e procedimentos para o uso do mesmo em solos brasileiros. Nessa norma estão parâmetros, critérios e procedimentos sobre a frequência de monitoramento, os requisitos mínimos de qualidade do lodo de esgoto ou produto derivado destinado a agricultura, as culturas que podem receber o lodo, restrições locais e da aptidão do solo das áreas de aplicação, elaboração do projeto agrônomo para a utilização do lodo, forma de aplicação, carregamento, transporte e estocagem, do monitoramento das áreas que foram tratadas com lodo e sobre as responsabilidades do uso do lodo (CONAMA, 2006).

Vale lembrar que a compra, venda, cessão, empréstimo, permuta do lodo de esgoto e seus produtos derivados devem obedecer ao que está previsto na Resolução citada acima, mais segue também o que está disposto no Decreto 4.954/2004 regulamentando a Lei 6.894/1980, a qual dispõe sobre a inspeção e fiscalização de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes destinados à agricultura (BRASIL, 1980).

Entre tantos critérios, é importante ressaltar os mais comparados e citados que são as concentrações máximas de substâncias inorgânicas no lodo de esgoto ou derivados e a classificação do lodo em relação a concentração de patógenos, como mostrados nas Tabelas 5 e 6 respectivamente.

TABELA 5: Lodos de esgoto ou produto derivado - substâncias inorgânicas.

Substância inorgânica	Concentração máxima permitida no lodo de esgoto ou produto derivado (mg/kg, Base seca)
Arsênio	41
Bário	1300
Cádmio	39
Chumbo	300
Cobre	1500
Cromo	1000
Mercúrio	17
Molibdênio	50
Níquel	420
Selênio	100
Zinco	2800

Fonte: resolução CONAMA 375-06.

TABELA 6: Classes de lodo de esgoto ou produto derivado - agentes patogênicos.

Tipo de lodo de esgoto ou produto derivado	Concentração de patógenos
A	Coliformes termotolerantes < 10 ³ NMP/g de ST
	Ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo/g de ST
	Salmonella ausência em 10g de ST
	Vírus < 0,25 UFP ou UFF/g de ST
B	Coliformes termotolerantes < 10 ⁶ NMP/g de ST
	Ovos viáveis de helmintos < 10 ovo/g de ST

Fonte: resolução CONAMA 375-06. ST: Sólidos totais, NMP: Número mais provável, UFF: Unidade formadora de foco e UFP: Unidade formadora de placa.

Como já citado acima, os estados de São Paulo e Paraná já possuíam normas ou manuais voltados a regulamentação e o uso de lodo em áreas agrícolas. No caso do estado de São Paulo o órgão responsável por tais medidas legais é a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) a qual é vinculada à secretaria de meio ambiente do estado. Este órgão publicou normas que regulamentaram o uso de lodos resultantes de tratamento biológico, sendo um deles o lodo de esgoto. No estado do Paraná o órgão responsável é a SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) o qual publicou manuais técnicos orientando os usuários do lodo, os operadores de estações de tratamento de esgoto e os gestores públicos dos procedimentos de produção desses lodos. Com a publicação da norma CONAMA, citada acima, os Estados podem elaborar ou continuar seguindo normas próprias. As normas estaduais podem ser mais restritivas que a norma federal, mas nunca mais permissivas (PIRES, 2006). Mesmo com o auxílio da legislação vigente, tem-se que atentar para o fato de que os estudos relacionados a utilização de biossólidos no setor florestal são muito recentes, por isso necessita-se de informações concretas a partir de estudos de longo prazo sobre os efeitos da aplicação de lodo de esgoto aos solos agrícolas nas condições edafoclimáticas brasileiras para que, a partir desses estudos a legislação seja atualizada ao longo do tempo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o término desse trabalho, chegou-se a conclusão de que o biossólido possui um grande potencial para o uso em plantios florestais, sendo usado tanto como condicionador de solo quanto como fertilizante, proporcionando assim um barateamento na implantação dos povoamentos florestais e uma menor utilização da adubação mineral convencional. Notou-se em vários estudos, que a utilização do biossólido acarretou em um aumento do volume de madeira, em relação a adubação convencional.

Outra situação viável de utilização do biossólido na área florestal é na sua utilização como componente de substratos em viveiros florestais, no qual se percebe uma boa economia quando comparado aos substratos industriais. Porém, recomenda-se estudos detalhados sobre necessidades nutricionais de plantas nativas para a determinação correta das doses a serem utilizadas.

Observou-se que há uma escassez de trabalhos sobre o uso de biossólidos em plantios de espécies nativas, sendo que a maioria dos estudos foram conduzidos com espécies de eucalipto e *Pinus*.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. A. **Fração orgânica de biossólidos e efeito no estoque de carbono e qualidade da matéria orgânica de um latossolo cultivado com eucalipto**. 121p. Tese (Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2004.

ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. **Ambiência Guarapuava**, PR v.5 n.2 p.321 - 330 Maio/Ago. ISSN 1808 – 0251, 2009.

BETTIOL, W.; CARVALHO, P. C. T. Utilização de lodo de esgoto primário e fertilizante organo-mineral IPT na cultura do milho. **Fertilizantes**, V.44, p.14-15, 1982.

BRASIL. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União** 17/12/1980.

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**. 89 p. Dissertação (Ciências em Saúde Pública). Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, RJ, 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução N° 375**, DE 29 DE AGOSTO DE 2006.

COSTA, E. R. O.; RIZZI, N. E.; SILVA, H. D.; MAEDA, S.; LAVARONI, O. J. Alterações químicas do solo após aplicação de biossólidos de estação de tratamento de efluentes de fábrica de papel reciclado. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2008.

CUNHA, P. S. L. **Biossólidos como fertilizantes de água para produção de plânton**. 63p. Dissertação (“Magister Scientiae”). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. Viçosa, **Revista Árvore**. v. 29, n. 4, 2005.

EVANS, T. D. **Biosolids in Europe**. Proc. 26 th Water Environmental Federation. Residuals & Biosolids Conference. Raleigh, NC, USA. 2012

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

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. Manual prático para a compostagem de biossólidos. UEL - Universidade Estadual de Londrina, p.91, 2000.

GUEDES, M. C. **Ciclagem de nutrientes após aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre latossolo cultivado com *Eucalyptus grandis***. 154p. Tese (Silvicultura e Manejo Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2005.

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

HENRY, C. L. **Understanding Biosolids** – Henry, M. Jackson Foundation, University of Washington, Bothell, 2001.

LUDUVICE, M. **Experiência da companhia de saneamento do distrito federal na reciclagem agrícola de bio sólido**. In: BETTIOL, W. CAMARGO, O.A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. cap.5, p.153-162.

MAIA, C. M. B. F. Uso de casca de Pinus e lodo biológico como substrato para produção de mudas de *Pinus taeda*. Boletim de Pesquisa Florestal, **Colombo**, n. 39, p.81-92, jul./dez. 1999.

MOLINA, M. V. **Nitrogênio e metais pesados em latossolo e eucalipto cinquenta e cinco meses após a aplicação de bio sólido**. 66p. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2004.

NOLASCO, A. M.; GUERRINI, I. A.; BENEDETTI, V. Uso de resíduos urbanos e industriais como fonte de nutrientes e condicionadores de solos florestais. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. In: GONÇALVES, J. L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p 386-414. 2005.

PIRES, A. M. M. **Uso agrícola do lodo de esgoto: aspectos legais**. Jaguariúna, p.4, 2006.

POGGIANI, F.; BENEDETTI, V. aplicabilidade do lodo de esgoto urbano em plantações de eucalipto. **Silvicultura**, v.80, p.48-53, 1999.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p.135-165, 2005.

ROCHA, G. N. **Monitoramento da fertilidade do solo, nutrição mineral e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com bio sólido**. 48p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

SABONARO, D. Z. **Utilização de composto de lixo urbano na produção de mudas de espécies arbóreas nativas com dois níveis de irrigação**. 95p. Dissertação (Área de Ciência dos Solos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de mesquita filho”, Botucatu, 2006.

SANTOS, H. S.; TSUTIYA, M. T. Aproveitamento e disposição final do lodo de estações de tratamento do Estado de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.2, n.2, p.70-82, 1997.

SILVA, P. H. M.; 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, 2008a.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; MOREIRA, R. M. Crescimento de *Eucalyptus grandis* tratado com diferentes doses de lodos de esgoto úmido e seco, condicionados com polímeros. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 79-88, mar. 2008b.

STRINGHETA, A. C. O., MARTINEZ, H. P., CARDOSO, A. A., FONTTES, L. E. F. Teor de macronutrientes em folhas de crisântemo, cultivado em substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada. In **CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS**. Resumos. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais, 1999.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis** n. 64, p. 150-162, dez. 2003.

TRIGUEIRO, R. M.; **Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de *Pinus* e eucalipto**. 83p. Dissertação (Área de Concentração em Energia na Agricultura). Universidade Estadual Paulista “Júlio de mesquita filho”, Botucatu, 2002.

VAZ, L. M. S.; GONÇALVES, J. L. M. Uso de biossólidos em povoamento de eucalipto: efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:747-758, 2002.