

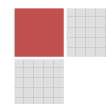
DEMANDA POTENCIAL POR LODO DE ESGOTO (BIOSSÓLIDO) EM PLANTIOS DE EUCALIPTOS NO ENTORNO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Luiz Carlos de Faria¹
Luiz Carlos Estraviz Rodriguez²

RESUMO: Avaliou-se a demanda potencial por biossólido produzido nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) quando reutilizado como fertilizante em florestas de eucaliptos situadas a diferentes distâncias do centro da RMSP. A determinação da cobertura com plantios de eucaliptos disponível nessa região baseou-se Inventário Florestal do Estado de São Paulo publicado pelo Instituto Florestal de São Paulo em 2002. A demanda foi estimada de acordo com cenários que consideraram diferentes doses de aplicação no campo, níveis de produção nas ETEs e área variável de plantios florestais disponíveis dependendo do nível de restrições cautelares impostas ao uso e distribuição do biossólido no solo (por exemplo, proibição de uso em plantios muito próximos a nascentes, a áreas urbanizadas ou em áreas com alta declividade). Na situação mais favorável, onde se considera a menor quantidade possível de biossólido produzido nas ETEs, a maior dose de aplicação no campo e a existência de nenhuma restrição ao seu uso nas áreas anualmente disponíveis para plantio, observa-se que o biossólido seria totalmente consumido em um raio de apenas 32 km. Em um cenário menos favorável, com alta produção de biossólido nas ETEs, uso da menor dose de aplicação e liberação de apenas 25% da área anualmente disponível, o raio necessário para consumir todo o biossólido produzido nas ETEs se elevaria para 120 quilômetros. Conclui-se que a demanda potencial por biossólidos produzidos nas ETEs da RMSP é suficientemente alta a curtas distâncias, e que o uso dos plantios de eucaliptos como destino final alternativo para esse resíduo na RMSP é

¹ Professor de Economia e Política Florestal / FAEF. faria.lc@gmail.com

² Professor de Gestão e Economia Florestal / LCF/ESALQ/USP. lcer@esalq.usp.br



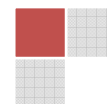
perfeitamente viável, mesmo que restrições cautelares bastante limitantes sejam adotadas.

Palavras-chave: Biossólido; Lodo de esgoto; Florestas de eucaliptos; *Eucalyptus* spp; Demanda potencial; Potencial de uso

**POTENTIAL DEMAND FOR SEWAGE SLUDGE (BIOSOLIDS) IN
EUCALYPTUS FOREST SURROUNDINGS THE METROPOLITAN REGION
OF THE CITY OF SÃO PAULO**

ABSTRACT: The potential demand for biosolids produced in Wastewater Treatment Plants (WTPs) located in the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP) was estimated at different road distances. The availability of eucalyptus plantations in this region was based on the Forest Inventory of the State of São Paulo published in 2002. The potential demand was estimated according to different scenarios that considered variable application dosages, different production levels in the WTPs and different levels of precautionary constraints that reduce the total area where the biosolids can be disposed (for example, proximity to springs or to urban areas and irregular topography). In the most favorable scenario, where WTPs produce lower quantities, application dosages of biosolids are higher and no constraints are imposed to the use of biosolids, the annual production of biosolids can be disposed in less than 32 kilometers from the WTPs. On the other hand, in a less favorable scenario, where the annual production of biosolids in the WTPs is the highest possible, application dosages are smaller and several precautionary constraints limit its use to only 25% of the available area, the disposal distance increases to 120 kilometers. It is concluded that the potential demand for biosolids produced in WTPs in the MRSP is sufficiently high at short distances, and that the use of eucalyptus plantations as final disposal alternatives for biosolids produced in the MRSP is perfectly viable, even under very limiting precautionary constraints.

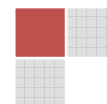
Keywords: Biosolids; Sewage sludge; Eucalypts stands; *Eucalyptus* spp; Potential demand; Waste management



1 INTRODUÇÃO

O tratamento de esgotos domésticos resulta na produção de um resíduo, o biossólido, cuja destinação é um dos principais problemas operacionais nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). Para Silvério (2004) e Alem Sobrinho (2001), os destinos mais comuns para o biossólido produzido nas ETEs brasileiras são os aterros sanitários, ou exclusivos, próximos às ETEs, lagoas de lodo ou mesmo de maneira não controlada em áreas agrícolas. Atualmente, o destino final adotado para a totalidade do biossólido produzido na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é a co-disposição com resíduos sólidos urbanos (lixo) nos Aterros Sanitários Municipais São João (Zona Leste) e Bandeirantes (Zona Oeste) da Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005). Segundo o Eng. Sacamoto (Informação pessoal), da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), a PMSP não cobra pela disposição do biossólido. Em contrapartida os Aterros Municipais encaminham o chorume (líquido resultante da decomposição de resíduos orgânicos com alto potencial poluidor) gerado na decomposição do lixo para as ETEs, o qual é encaminhado ao processo de tratamento para redução de seu potencial poluidor. Nesse processo, viabilizado por meio de um Termo de Cooperação Técnica, cada parte arca com os seus respectivos custos de transporte.

Para Silvério (2004) e Alem Sobrinho (2001), somente a destinação final do biossólido pode representar mais de 50% do custo operacional total de tratamento e quando não realizada de forma adequada pode anular os benefícios da coleta e tratamento dos esgotos, tornando-se um novo problema ambiental. Uma alternativa recente é a transformação do resíduo em um material inofensivo que pode ser reutilizado como fertilizante, por exemplo. Isso só é possível desde que a sua concentração com contaminantes potencialmente perigosos (elementos químicos e orgânicos perigosos e agentes patológicos) atenda aos limites legais estabelecidos, de acordo com utilização. Nesse caso, é comum denominá-lo de **biossólido** em vez de lodo de esgoto.

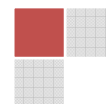


No Brasil, a Resolução Nº 375, de 29 de Agosto de 2006 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) disciplina a utilização agro-florestal do bio-sólido. Dentre outras medidas, a entidade estipula a criação de Unidades de Gerenciamento de Lodo (UGL) que serão responsáveis pelo “recebimento, processamento, 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” (BRASIL, 2006).

Na Nova Zelândia, a estratégia de gestão de resíduos tem como meta destinar 95% do bio-sólido para fins benéficos, em substituição a sua deposição em aterros sanitários. Nesse país é proibida a aplicação de bio-sólido em fazendas leiteiras. Essa medida objetiva proteger a indústria exportadora de laticínios (KIMBERLEYA et al., 2004). Para os autores, a aplicação de bio-sólido em plantios florestais reduz o risco de substâncias potencialmente tóxicas entrarem na cadeia alimentar humana.

A maioria dos solos florestais no Estado de São Paulo é de baixa fertilidade, assim o bio-sólido apresenta um grande potencial de aumentar a produtividade das florestas devido ao seu conteúdo de nutrientes e matéria orgânica. Para alguns nutrientes o bio-sólido é comparável aos fertilizantes químicos e pode ser utilizado para reduzir a sua quantidade utilizada (MUCHOVEJ; OBREZA, 2004). Entretanto, ele normalmente não é um material bem balanceado nutricionalmente para a maioria das culturas, e raramente substitui totalmente a fertilização química convencional (TRANNIN; SIQUEIRA; MOREIRA, 2005).

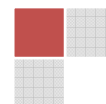
No Brasil, as florestas plantadas, especialmente as de eucaliptos, são potenciais candidatas à fertilização com o bio-sólido, principalmente devido ao seu curto ciclo produtivo e grande área plantada. Para a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (2006) as florestas plantadas representam hoje no Brasil a principal fonte de suprimento de madeira das cadeias produtivas de importantes segmentos industriais como os de celulose e papel, produtos sólidos de madeira, painéis reconstituídos, móveis, siderurgia a carvão vegetal, energia e produtos de madeira sólida. Segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura (2006), em 2005 o Brasil ocupou



mundialmente o 7º lugar em quantidade de florestas plantadas com 5,6 milhões de hectares, sendo a terceira cultura mais plantada no país. Das florestas plantadas, as de eucalipto representam a maior parte com 3,4 milhões. Individualmente, o Estado de São Paulo ocupa o segundo lugar em plantios de eucaliptos com 887.929 ha, sendo 49% destes pertencem ao setor de Celulose e Papel (FUNDAÇÃO FLORESTAL; FUNDO FLORESTAR, 2006). Segundo Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (2006), as principais espécies cultivadas atualmente no Brasil são o *Eucalyptus grandis*, *E. citriodora*, *E. camaldulensis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, entre outras. Além disso, foram desenvolvidos cruzamentos entre as espécies, derivando as espécies híbridas como é o caso do *Eucalyptus urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*).

O aumento da produtividade florestal devido ao uso do biossólido tem sido comprovado por autores como Kimberleya et al. (2004), Vaz e Gonçalves (2002) Kays et al., 2000 e McNab e Berry (1985). Além de nutrientes para as plantas, o biossólido também possui um teor significativo de matéria orgânica, cujos efeitos positivos no solo têm sido comprovados por diversos autores. A matéria orgânica melhora as propriedades químicas pelo aumento do estoque de nutrientes; promove o aumento da CTC e do pH em solos ácidos; melhora suas propriedades físicas, como a estrutura, agregação de partículas, aeração, drenagem e retenção de água; melhora as suas propriedades biológicas pelo aumento da comunidade microbológica e da fauna edáfica. (BESIGNANO; POKOCKY, 2004; KIEHL, 1985; MUCHOVEJ; OBREZA, 2004; PRIMAVESI, 1979; RAIJ van, 1998).

Soares et al. (2002) conduziram um experimento em Salto de Pirapora, SP, em que foi avaliada a lixiviação de Nitrogênio após a aplicação de 20 Mg ha⁻¹ de biossólido, base seca, em um solo degradado em plantio de *Eucalyptus grandis*, conduzido sob manejo de cultivo mínimo. Os autores constataram ao longo de seis meses uma rápida perda de N do resíduo via lixiviação, que foi mais pronunciada no solo degradado logo após a aplicação do resíduo. Entretanto, o efeito retornou aos valores similares ao tratamento controle após seis meses. Na área sob cultivo mínimo foi observada uma maior imobilização de N mineral na serapilheira. Os autores

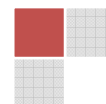


concluíram que o cultivo mínimo colabora para a redução da lixiviação de nitrato em plantios florestais fertilizados com biossólido.

O uso do biossólido como fertilizante em florestas de eucaliptos depara-se com uma questão básica que se refere à existência de áreas disponíveis para a fertilização que pudessem consumir o grande volume de biossólido gerado nos grandes centros, total ou parcialmente. Por isso, o objetivo desse estudo foi o de avaliar o demanda potencial pelo biossólido produzido nas ETEs da RMSP em povoamentos de eucaliptos do seu entorno, em diferentes distância rodoviárias de transporte.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho representa um estudo de caso envolvendo as ETEs da SABESP localizadas na RMSP e os povoamentos de eucaliptos do seu entorno, dentro do Estado de São Paulo. A fonte de dados utilizada no presente trabalho foi à cobertura com eucaliptos dos municípios paulistas constante no Inventário Florestal do Estado de São Paulo, editado pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo (KRONKA et al., 2002). O município de São Paulo foi considerado como ponto central de produção de biossólido na RMSP (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).



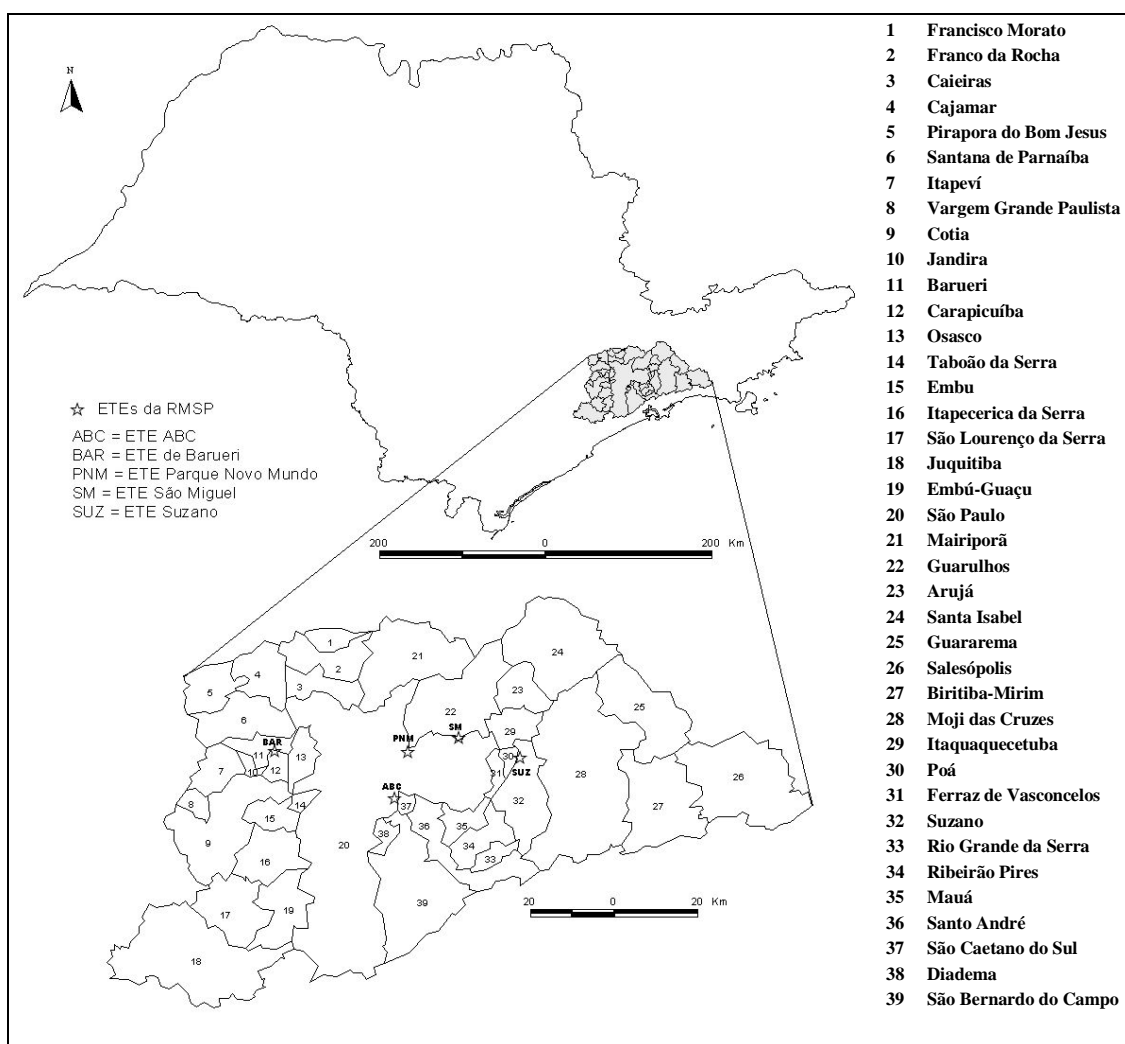
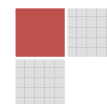


Figura 1: Posição relativa dos municípios que compõem a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e das ETEs que atendem essa região.

As distâncias rodoviárias (em quilômetros) entre a sede dos municípios paulistas, com alguma cobertura de eucaliptos, até a sede do município de São Paulo foram determinadas utilizando o programa “Guia Quatro Rodas Rodoviário” e referem-se às rotas mais rápidas entre as localidades consideradas (EDITORA ABRIL S.A.; MAPLINK, 2003).

Para estimativa da área anualmente disponível são necessárias informações que não constavam na base de dados utilizada, ou seja: (i) o sistema de manejo e (ii) a distribuição entre classes de idade dos povoamentos de eucaliptos. Por isso, para o



cálculo da área anual potencialmente disponível para fertilização com biossólido foram consideradas as seguintes pressuposições:

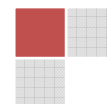
- a) ciclo de produção para o eucalipto de sete anos;
- b) distribuição uniforme de área entre classes de idade. Portanto, um sétimo da área total plantada com eucalipto encontra-se no primeiro ano de desenvolvimento; e
- c) a aplicação do biossólido seria feita apenas uma vez no primeiro ano de desenvolvimento.

A base de dados da cobertura com eucaliptos não permitiu a seleção de áreas aptas à disposição do biossólido, observando os critérios de localização estipulados pela Seção V da Resolução do CONAMA Nº 375, de 29 de agosto de 2006 (BRASIL, 2006). Por isso foram elaborados cenários considerando reduções percentuais na área disponível anualmente para fertilização. Também foram incluídos nos cenários diferentes níveis de produção de biossólido na RMSP e diferentes taxas de aplicação de biossólido no campo, dentro de intervalos encontrados na literatura. As produções de biossólido consideradas nos cenários foram baseadas nos atuais níveis e projeções futuras para geração desse resíduo nas ETEs da RMSP divulgados pela SABESP. Para os cenários assim criados foi diagnosticado o potencial de consumo de biossólido nos povoamentos de eucalipto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta o resumo da quantificação das áreas com plantios de eucaliptos a diferentes distâncias rodoviárias das ETEs localizadas na RMSP.

Dos municípios considerados no estudo, verifica-se que existem 539.575 hectares de florestas de eucaliptos até a distância de 400 km das ETEs da RMSP. Até 100 km concentram-se 88.542 ha de eucaliptos (16%), sendo que mais da metade do total de reflorestamentos (51%) está localizado até a distância de 216 km. Dentre dos



municípios que possuem povoamentos de eucaliptos, o de Restinga é mais distante (378 km) com 1.926 ha, já o mais próximo é o de São Paulo com 1.420 ha. Itatinga é isoladamente o Município que apresentou a maior área com eucaliptos com 25.792 ha (5% do total), o que representa cerca de 27% da área do Município.

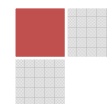
Tabela 1: Área reflorestada com eucaliptos a diferentes classes de distâncias rodoviárias das ETEs da RMSP.

Classe de Distância Rodoviária	Área coberta com eucaliptos			
	Parcial		Acumulada	
km	ha	%	ha	%
0 a 49	18.920	3,5	18.920	3,5
50 a 99	69.622	12,9	88.542	16,4
100 a 149	80.233	14,9	168.775	31,3
150 a 199	50.545	9,4	219.320	40,6
200 a 249	132.384	24,5	351.704	65,2
250 a 299	119.440	22,1	471.144	87,3
300 a 349	50.967	9,4	522.111	96,8
350 a 400	17.464	3,2	539.575	100,0
Geral	539.575	100,0		

Em termos de localização, verifica-se uma grande concentração de áreas com florestas de eucaliptos a Sudoeste do RMSP, no pólo madeireiro que abrange o Município de Itapeva, na divisa com o Estado do Paraná, prolongando-se a Noroeste incluindo o pólo madeireiro que abrange o Município de Mogi-Guaçu (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

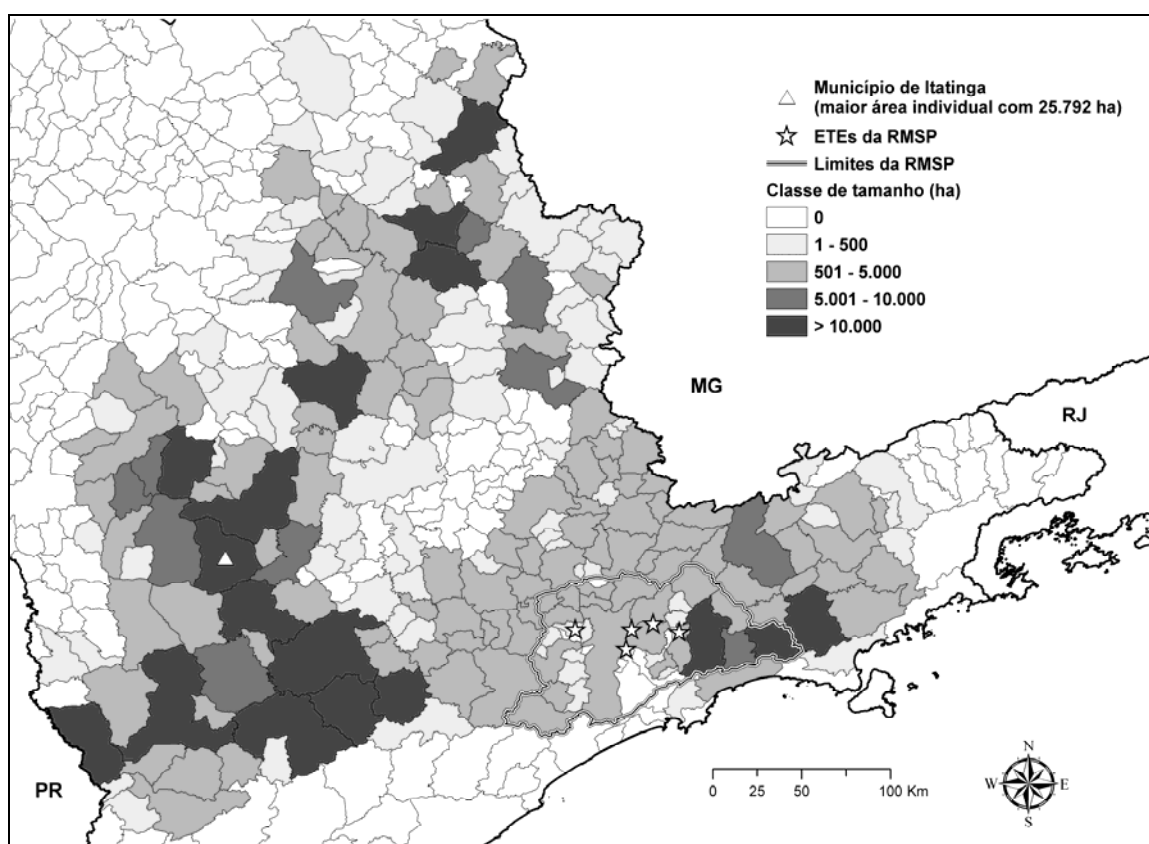
Verifica-se também, municípios com grande área coberta com florestas de eucalipto relativamente próximos da RMSP, a Sudeste desta. Nessa situação incluem-se os Municípios de Mogi das Cruzes, Salesópolis e Paraibuna. Entretanto, deve-se considerar que apesar de próximos da RMSP esses Municípios apresentam uma grande porção de seu território com declividade acentuada, o que inviabilizaria o uso de biossólido nesses locais.

As áreas apresentadas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** não representam a real demanda por biossólido, já que elas se encontram em diferentes classes de idade e sob diferentes regimes de manejo e considerou-se que o biossólido seria aplicado apenas no primeiro ano de desenvolvimento da floresta. Por isso, a **Erro!**



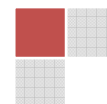
Fonte de referência não encontrada. resume as áreas com florestas de eucalipto que representam demanda potencial anual pelo biossólido das ETEs da RMSP.

A adoção das pressuposições da Seção 2 resultou na redução de 86% das áreas com florestas de eucalipto no entorno da RMSP, em todas as classes de distâncias rodoviárias. Assim do total de 539.57 ha restaram apenas 77.082 ha de eucalipto que estariam disponíveis anualmente para fertilização com biossólido. É oportuno ressaltar que a adoção das pressuposições reduziu as áreas de forma linear em todas as classes de distância, o que dificilmente ocorreria na prática devido, por exemplo, a condições locais de relevo e de manejo das florestas.



Fonte: Adaptado de Kronka et al. (2002)

Figura 2: Distribuição dos municípios paulistas em classes de tamanho da área coberta com florestas de eucaliptos.



Utilizando a metodologia proposta pela Norma da CETESB P4.230-jan./99 para utilização agro-florestal do biossólido (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 1999) e dados históricos de análises químico-físicas do biossólido da ETE de Barueri, Faria (2000) chegou a taxa de máxima aplicação permissível de 28 Mg ha⁻¹, em base seca, para a aplicação de biossólido em povoamentos de eucaliptos. Entretanto, o autor afirma que doses dessa magnitude dificilmente seriam econômicas devido ao elevado custo de transporte do resíduo até as áreas de aplicação.

Segundo Fernando Carvalho de Oliveira (informação pessoal), a Companhia Suzano de Papel e Celulose vem utilizando operacionalmente doses em torno de 5 Mg ha⁻¹, em base seca, do biossólido produzido na ETE de Jundiaí, SP, em plantios de eucaliptos da empresa. Por isso, os cenários avaliados nesse estudo consideraram taxas de aplicação variando de 5 a 20 Mg ha⁻¹, em base seca.

Tabela 2: Área reflorestada com eucaliptos anualmente disponível para a disposição de biossólido a diferentes classes de distâncias rodoviárias das ETEs da RMSP.

Classe de distância rodoviária	Área coberta com eucaliptos anualmente disponível para fertilização			
	Parcial		Acumulado	
	ha	%	ha	%
km				
0 a 49	2.703	3,5	2.703	3,5
50 a 99	9.946	12,9	12.649	16,4
100 a 149	11.462	14,9	24.111	31,3
150 a 199	7.221	9,4	31.331	40,6
200 a 249	18.912	24,5	50.243	65,2
250 a 299	17.063	22,1	67.306	87,3
300 a 349	7.281	9,4	74.587	96,8
350 a 400	2.495	3,2	77.082	100,0
Geral	77.082	100,0		

Fonte: Adaptado da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, considerando as pressuposições da Seção 2.

Os níveis de produção utilizados nos cenários elaborados basearam-se na produção atual e projeção futura para a produção de biossólido nas ETEs das SABESP, localizadas na RMSP (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

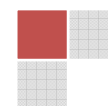


Tabela 3: Evolução da produção de biossólido nas ETEs da SABESP localizadas na RMSP.

ETE	Teor de sólidos (%)	Ano			
		2005	2007	2010	2015
---- produção de biossólido em base seca (Mg ano ⁻¹) ----					
Barueri	24	20.586	34.865	38.001	92.733
ABC	41	4.490	6.360	6.734	19.829
Pq. Novo Mundo	38	5.548	5.825	6.380	13.870
São Miguel	36	3.942	6.675	7.884	18.199
Suzano	38	5.548	6.824	7.684	13.662
Geral	29*	40.114	60.549	66.683	158.293

Fonte: Adaptado de COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (2005)

* Média aritmética ponderada pela produção.

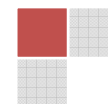
Considerando os níveis para as variáveis descritos acima, a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta diferentes cenários para o uso do biossólido produzido nas ETEs da RMSP em povoamentos de eucaliptos no seu entorno.

Tabela 4: Raio de consumo do biossólido produzido na RMSP em povoamentos de eucalipto do seu entorno, considerando diferentes reduções na área anualmente disponível, diferentes produções de biossólido e diferentes doses de aplicação no campo.

Produção de biossólido ¹ (Mg ano ⁻¹)	Dose de aplicação no campo ² (Mg ha ⁻¹)	Demanda de área ³ (ha)	Redução na área disponível anualmente			
			0%	25%	50%	75%
Raio de consumo (km) ⁴						
60.549	5	12.110	38	44	62	74
66.683	5	13.337	38	49	62	78
158.293	5	31.659	63	72	84	120
60.549	10	6.055	37	38	38	62
66.683	10	6.668	37	38	38	62
158.293	10	15.829	44	58	63	84
60.549	20	3.027	32	34	37	38
66.683	20	3.334	32	34	37	38
158.293	20	7.915	38	38	44	63

¹Em base seca, com base na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** ²Em base seca. ³Área necessária para consumir a produção anual de biossólido, considerando a dose de aplicação no campo.

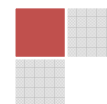
⁴Distância que consumiria a produção anual de biossólido, considerando a dose de aplicação no campo e os dados da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**



Nos cenários avaliados o aumento na produção de bio-sólido, a diminuição na dose de aplicação ou o aumento da redução na área disponível anualmente, obviamente, aumentam o raio de consumo e vice-versa (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

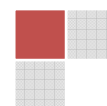
Na situação mais favorável, onde seria produzida a menor quantidade de bio-sólido nas ETEs, utilizada a maior dose de aplicação no campo e nenhuma redução na área anualmente disponível, observa-se um raio de consumo de apenas 32 km. Em um cenário menos favorável, produção da maior quantidade de bio-sólido nas ETEs, uso da menor dose de aplicação no campo e redução de 75% na área anualmente disponível, o raio de consumo de eleva-se para 120 quilômetros de distâncias da ETEs da RMSP.

Diversos fatores podem afetar a intensidade de aumento na produção futura de bio-sólido na RMSP, dentre os quais o aumento populacional nessa região, o aumento na coleta ou tratamento dos esgotos domésticos e mesmo a mudança no nível de consumo da população. A produção de esgoto doméstico no Brasil situa-se entre 80 a 200 L hab⁻¹ dia⁻¹ sendo que, de modo geral, cada habitante produz cerca de 150 g dia⁻¹ de lodo centrifugado (ALÉM SOBRINHO, 2001). Segundo o autor, a quantidade e as características do resíduo gerado nas ETEs depende basicamente da composição do esgotos coletados, do tipo de tratamento utilizado e do tipo de condicionamento para desidratação empregado (cloreto férrico e cal ou polímeros). Alguns tratamentos reduzem sua massa (ex. digestão) enquanto outros aumentam (adição de cal para controle de patógenos). Assim, no resíduo podem ser encontrados também produtos químicos utilizados no próprio tratamento, como cloreto férrico, sulfato de alumínio, cal, polímeros etc. Mesmo na mesma ETE, sob o mesmo tratamento as características do resíduo podem variar anualmente, sazonalmente, ou mesmo diariamente, devido à variação no esgoto coletado e no processo de tratamento (ESTADOS UNIDOS, 1999). O autor afirma ainda que quanto maior o grau do tratamento tanto maior será a quantidade de resíduo produzida e menor a concentração de contaminantes no efluente produzido. Certamente a SABESP realizou as devidas considerações para elaborar as



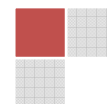
projeções futuras de produção de biossólido que foram utilizadas nos cenários elaborados.

A taxa mais adequada de aplicação de biossólido em eucaliptos depende de diversos fatores, os mais importantes são as características edáficas e de clima dos sítios florestais e a composição química e biológica do biossólido. O conhecimento da composição do biossólido é imprescindível para a determinação de taxas de aplicação que atendam as necessidades nutricionais das plantas, especialmente em relação ao nitrogênio, e que não causem efeitos prejudiciais ao homem e ao ambiente. Embora tenha encontrado uma taxa de 28 Mg ha⁻¹ em base seca, Faria (2000) alerta que, quando utilizados critérios econômicos, taxas dessa magnitude dificilmente seriam operacionais. Com base em avaliações experimentais e testes operacionais em uma empresa florestal, espera-se que a taxa de aplicação de biossólido em eucaliptos não supere 10 Mg ha⁻¹, em base seca (GAVA; OLIVEIRA, 2006; VAZ; GONÇALVES, 2002). Outro aspecto contrário ao uso de altas taxas de aplicação de biossólido é que os acréscimos de produção necessários para viabilização econômica não seriam realísticos, principalmente devido ao elevado custo de transporte do biossólido até as áreas florestais ocasionado pela sua elevada taxa de umidade (Faria, 2000). Por exemplo, considerando o teor médio de sólidos no biossólido da RMSP de 29% (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), a dose de 28 Mg ha⁻¹ em base seca obtida por Faria (2000) equivaleria a 97 Mg de massa que teriam que ser transportados em um hectare. Nesse caso, provavelmente o custo do transporte em distâncias longas seria anti-econômico, independentemente de quem pagasse por ele, ETEs ou produtores. Na Suécia são aplicadas biossólidos em taxas médias equivalentes a 15 kg de P por hectare (LUNDIN et al., 2004). Na Nova Zelândia o biossólido vem sendo aplicado em povoamento de pinus após o desbaste e desrama, aos 8 anos de idade, repetindo-se a aplicação a cada 3 anos (KIMBERLEYA et al., 2004). Nos EUA, quando a taxa de aplicação do biossólido excede a necessidade da cultura ela é considerada como disposição superficial, caso contrário é como utilização agrícola (ESTADOS UNIDOS,



1999). A título de padronização de denominações, seria recomendável que essa consideração também fosse adotada no Brasil.

O nível de redução na área com eucaliptos anualmente disponível para uso do bio-sólido dependerá, de acordo com a resolução do CONAMA, de aspectos relacionados aos sítios florestais, como por exemplo declividade do terreno e proximidade de corpos d'água. Infelizmente a base de dados não permitiu a quantificação exata desse percentual. Os cenários elaborados neste estudo apresentam diferentes condições de uso, desde muito favoráveis (onde 100% das áreas poderiam ser utilizadas) até muito desfavoráveis (onde apenas 25% das áreas poderiam ser utilizadas). Entretanto, é importante salientar que o efetivo uso do bio-sólido não está condicionado a disponibilidade de áreas de eucalipto para sua utilização, mas sim do interesse dos produtores. Certamente ocorrerão situações em que mesmo tendo áreas disponíveis e aptas ao uso do bio-sólido, simplesmente o produtor não deseje utilizá-lo por diversas razões. Uma possibilidade seria o receio de empresas florestais que possuem certificação ambiental, visto que o bio-sólido ainda sofre preconceito devido a sua origem, os dejetos humanos. Nesse aspecto, Dunn (2000) afirma que a despeito das normas regulatórias para a utilização do bio-sólido, a aceitação pública pode ser uma fonte de regulação mais restritiva ainda. Por isso, é sempre importante considerar os impactos negativos do projeto do ponto de vista da vizinhança. A maioria das reclamações se refere ao tráfego de caminhões nas áreas, ao odor e ao impacto visual. Minimizando esses aspectos o projeto terá grandes chances de aceitação pública (ESTADOS UNIDOS, 2000). Riekerk (2000) e Estados Unidos (2000) afirmam que a aversão dos produtores e consumidores das culturas fertilizadas com bio-sólido pode inviabilizar sua adoção em escala comercial. Afirmam ainda que programas de esclarecimento dos proprietários rurais e demais atores envolvidos é a única forma de contornar o problema. Segundo Estados Unidos (1999) a percepção social do reuso do bio-sólido quase nunca é baseada em critérios científicos e geralmente não é associada ao grau de risco aos seres humanos ou ao ambiente que essa prática pode proporcionar. Segundo o autor, a rejeição pública ao uso agrícola do bio-sólido pode ser reduzida pela

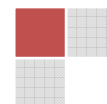


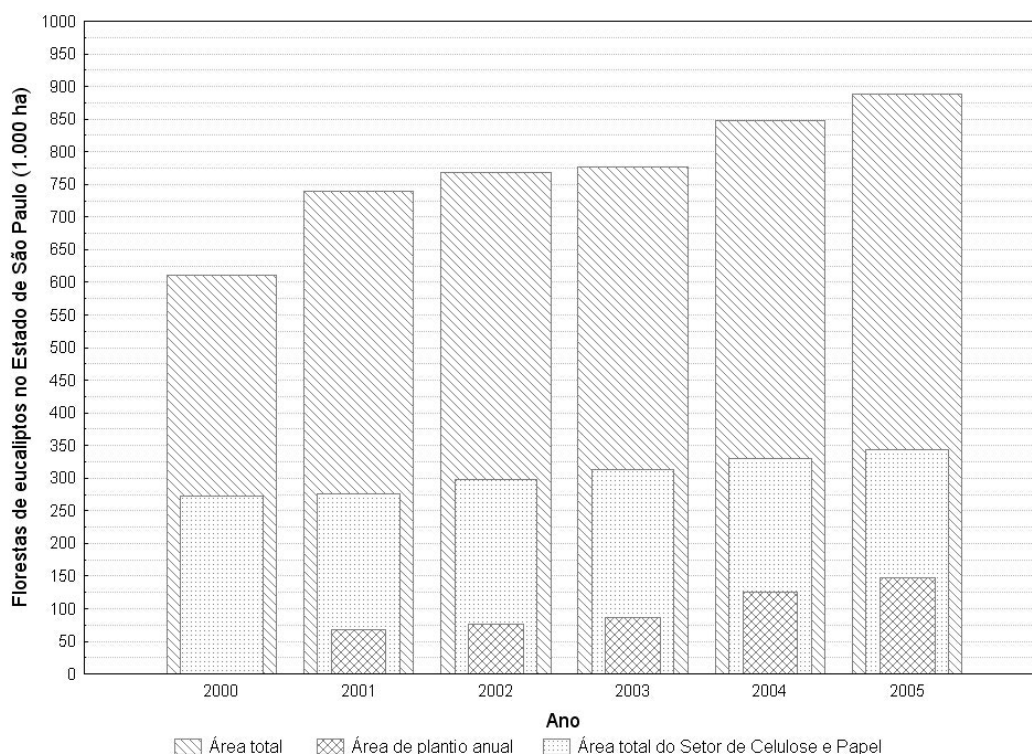
combinação de manejo adequado e investimento em programas informativos e de marketing.

No caso do Estado de São Paulo, deve-se considerar ainda que a maior parte das florestas de eucaliptos pertence a empresas que praticam a silvicultura intensiva. Nesse caso, a gestão do uso do biossólido (escolhas das áreas aptas, monitoramento da atividade, contratos entre gerador e usuário, etc) poderia ser mais simples do que trabalhar com um grande número de pequenos produtores.

Fundação Florestal e Fundo Florestar (2006), utilizando informações de diversas origens, estimam que foram implantados (reforma e plantio de novas áreas) 146.515 ha de eucaliptos no Estado de São Paulo, somente no ano de 2005. Para a Sociedade Brasileira de Silvicultura (2006) o valor seria de 79.500 ha somente entre seus associados. De qualquer forma, em ambos os casos os valores ainda são maiores do que o estimado nesse estudo para a área anualmente disponível ao uso do biossólido (vide **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Outro ponto a considerar é que as informações referentes às áreas de eucaliptos que satisfaziam aos objetivos e foram utilizadas neste estudo referem-se ao ano base de 2000. Todavia tem-se observado um crescente aumento nas áreas implantadas (reforma e plantio) dessa cultura no Estado de São Paulo (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Considerando apenas as áreas de plantio anual, observou-se um aumento médio anual de 19.850 ha no período de 2001 a 2005. Dessa forma, pode-se considerar que a demanda potencial apresentada neste estudo, apesar de promissora para o uso de biossólido em eucaliptos, provavelmente ainda está subestimada. Segundo Castanho Filho (2006), o investimento em plantio de florestas de eucalipto tende a se intensificar ainda com mais intensidade no Estado de São Paulo, aproveitando-se das condições tanto ecológicas como econômicas que se apresentam aos produtores rurais.





Fonte: Adaptado de Fundação Florestal e Fundo Florestar (2006); IEA/Cati apud Fundação Florestal e Fundo Florestar (2006) e Kronka et al. (2002).

Obs.: Para o ano de 2000 não existe valor para a “Área de plantio anual” e a “Área total” baseia-se em Kronka et al. (2002), mesma base de dados deste estudo.

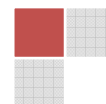
IEA = Instituto de Economia Agrícola; Cati = Coordenadoria de Assistência Técnica Integral.

Figura 3: Evolução da área com florestas de eucaliptos no Estado de São Paulo no período de 2000 a 2005

Figure 3: Evolution of the area with forests of eucalyptuses in the State of São Paulo in the period from 2000 to 2005

4 CONCLUSÕES

Nesse estudo conclui-se que existe uma elevada demanda potencial pelo biossólido gerado nas ETES da RMSp nos povoadamentos de eucaliptos do seu entorno em distâncias curtas de transporte rodoviário, mesmo considerando que a maior parte das áreas apresentam algum tipo de restrição ao uso.



Agradecimentos: à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), à Coordenadoria de Assistência à Pesquisa e Ensino Superior (CAPES) e ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo (IF).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEM SOBRINHO, P. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. cap. 2, p. 7-40.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico**. Brasília, ABRAF, 2006. 80p.

BESIGNANO, R.; POKOCKY, K. Using a GIS-based Model to Determine Agricultural Lands Suitable for Biosolid Application in Whiteside County, Illinois. University of Guelph, Department of Geography. Canada, Winter 2004. 1v.
Disponível em: <http://www.uoguelph.ca/geography/research/geog4480_w2004/Group03>. Acesso em: 30 ago. 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 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. **DOU**, Brasília, 30 de ago. 2006, 32p.
Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2006>>.
Acesso em: 22 abr. 2007.

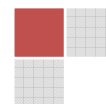
CASTANHO FILHO, E.P. Eucalipto: demanda crescente. *Florestar Estatístico*. Fundo Florestar; São Paulo, v.9, n.18, p.9-13, nov. 2006.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano diretor de uso e disposição dos lodos das ETEs da RMSP - Aterro Exclusivo**. 2005.
Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/a_sabesp/tecnologia/apresentacao/plano_diretor_aterro_exclusivo.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Manual Técnico P 4.230 jan./99. Aplicação de biossólidos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas - Critérios para projeto e operação. São Paulo, CETESB, 1999. 33p.

DUNN, J.A. **Reclamation Using Biosolids: a primer on economics and other concerns**. In: MINING, FOREST AND LAND SYMPOSIUM, July, 2000. [s.l.:s.n.] 1v..

Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal é uma publicação semestral da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça - FAEF e Editora FAEF, mantidas pela Associação Cultural e Educacional de Garça - ACEG. Rua das Flores, 740 - Vila Labienópolis - CEP: 17400-000 - Garça/SP - Tel: (0**14) 3407-8000 - www.revista.inf.br - www.editorafaef.com.br - www.faeef.br.



Disponível em:

<http://www.rmwea.org/tech_papers/mine_forest_land_2000/Dunn.pdf>. Acesso em: 25 out. 2005.

EDITORA ABRIL S.A.; MAPLINK. CD-ROM Guia Quatro Rodas Rodoviário 2004. Versão 1.0. São Paulo, 2003. 1 CD-ROM

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Municipal and Industrial Solid Waste Division, Office of Solid Waste. **Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States**. EPA530-R-99-009. Washington, D.C. September, 1999. 81p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/compost/biosolid.pdf>> Acesso em: 10 out. 2005.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Office of Water. **Biosolids Technology Fact Sheet: Land Application of Biosolids**. EPA 832-F-00-064. Washington, D.C.: September, 2000. 1v. Disponível em: <http://www.epa.gov/owm/mtb/land_application.pdf> Acesso em: 25 out. 2005.

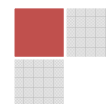
FARIA, L. C. de **Fertilização de povoamentos de eucalipto com o biossólido da ETE de Barueri, SP**: demanda potencial e nível mínimo de resposta. 2000. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

FUNDAÇÃO FLORESTAL; FUNDO FLORESTAR. **Florestar Estatístico**. São Paulo, v.9, n.18, 98p., nov. 2006.

GAVA, J.L.; OLIVEIRA, F.C. A experiência da Suzano Papel e Celulose com o uso do biossólido em plantios de eucalipto. In: SIMPÓSIO SOBRE O USO DO BIODISSÓLIDO EM PLANTAÇÕES FLORESTAIS. IPEF: Piracicaba, 24 e 25 de maio de 2006. 1v. Disponível em: <http://www.ipef.br/eventos/2006/biossolidos/Simposio_Biossolidos_07.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2006.

KAYS, J.S.; FLAMINO, E.J., FELTON, G.; FLAMINO, P.D. Use of deep-row biosolids applications to grow forest trees: a case study. In: HENRY, C.L.; HARRISON, R.B.; BASTIAN, R.K. **The forest alternative: principles and practice of residuals use**. Seattle, WA: University of Washington College of Forest Resources, 2000. chap.1, p.105-110. Disponível em: <http://www.naturalresources.umd.edu/Pages/Biosolids_Paper_1.html>. Acesso em: 13 out. 2005.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492p.



KIMBERLEYA, M.O., WANG, H., WILKSB, P.J., FISHERB, C.R., MAGESANA, G.N. Economic analysis of growth response from a pine plantation forest applied with biosolids. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n.189, p. 345-351, 2004.

KRONKA, F.J.N.; NALON, M.A.; MATSUKUMA, C.K.; PAVÃO, M.; YWANE, M.S.S.; KANASHIRO, M.M.; LIMA, L.M.P.R.; PIRES, A.S.; SHID, C.N.; FUKUDA, J.C.; GUILLAUMON, J.R. **Inventário florestal das áreas reflorestadas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal, 2002. 183p.

LUNDIN M.; OLOFSSON M., PETTERSSON; G.J.; ZETTERLUND, H. Environmental and economic assessment of sewage sludge handling options. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v.41, p. 255-278, 2004.

McNAB, W.H.; BERRY, C.R. Distribution of aboveground biomass in three pine species planted on a devastated site amended with sewage sludge or inorganic fertilizer. **Forest Science**, Maryland, v.2, n.31, p.373-382, 1985.

MUCHOVEJ, R.M.; OBREZA; T.A. **Biosolids: Are These Residuals All the Same? SS-AGR-167**, Series of the Agronomy Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Published June 2001. Reviewed April 2004. 3p. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/AG114>>. Acesso em: 3 set. 2005.

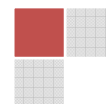
PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1979. 549p.

RAIJ, B. van Uso agrícola de biossólidos. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODISSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1, 1998. Curitiba. **Anais...** Curitiba: SANEPAR, ABES, 1998. p.147-151.

RIEKERK, H. Waste Utilization in Forest Lands of Florida. Circular 734, Series of the Department of Forest Resources and Conservation, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Date reviewed; March 2000. 1v. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/FR028#copy>>. Acesso em: 5 set. 2005.

SILVÉRIO, J. Uso agrícola do lodo de esgoto, da matéria orgânica do lixo urbano e de resíduos industriais. **O Agrônomo**, Campinas, v. 1, n. 56, p. 5-8, 2004.

SOARES, M.T.S.; GONÇALVES, J.L.M.; ALVAREZ, L.; MELFI, A.J.; TEIXEIRA, C. M.; FEIGL, B.J. Uso de biossólido em povoamentos de eucalipto em solos degradados e não degradados: transferência de nitrogênio. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2002, Belo Horizontes. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAGE, 2002. p. 221-223.



SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal**. São Paulo: SBS, 2006. 106p.

TRANNIN, I.C. de B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M. de S. Avaliação agronômica de um bio sólido industrial para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.261-269, mar. 2005.

VAZ, L.M.S; GONÇALVES, J.L.M. Uso de bio sólidos em povoamento de eucalipto: efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.3, p.747-758, 2002.

