

# **Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais**

## **Benefits of the use of bio-solid as substrata in forest species seedling productoin**

Adriane Assenheimer<sup>1</sup>

### **Resumo**

A produção de mudas de espécies florestais nativas em viveiro é usada com objetivos ambientais, tais como recuperação de áreas degradadas e reflorestamento de matas ciliares. Os substratos orgânicos utilizados na fase de viveiro em silvicultura são, na sua maioria, pobres em nutrientes essenciais ao crescimento da planta e, nesse sentido, a fertilização e condicionamento do solo são fatores importantes para garantir um bom desenvolvimento das mudas. O biossólido (lodo de esgoto após sofrer um processo de estabilização) é um resíduo que pode ser usado como condicionador das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, considerando seu teor de matéria orgânica e nutrientes. Assim, este trabalho teve como objetivo verificar, através de uma revisão bibliográfica, a viabilidade da utilização do lodo produzido em lagoas de estabilização como substrato na produção de mudas de espécies florestais, visando buscar alternativas de disposição desse rejeito.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos; mudas florestais; condicionador de solos.

### **Abstract**

The nursery production of native-species seedlings has been used with environmental objectives, such as the recovery of degraded areas and the reforestation of riverside forests. The quality of organic substrata used at the nursery phase in forestry is poor in terms of essential nutrients for plant growth, even though the fertilization and conditioning of the soil health are important factors to guarantee a good seedling development.

---

<sup>1</sup> M.Sc.; Química; Professora do Colégio Estadual Margarida, Marechal Cândido Rondon, PR; E-mail: [adrianeassenheimer@yahoo.com.br](mailto:adrianeassenheimer@yahoo.com.br)

The bio-solid (sewage sludge yielded after the stabilization process) is a residue that can be used as a physical, chemical and biological improver of soil properties, due to the organic matter and nutrients of its content. This paper presents the results of a bibliographic review, the objective of which has been to verify the viability of use of sewage sludge produced in stabilization lakes as a substratum in the production of forest species seedlings, in order to seek alternatives for the discharging of that residue.

**Key words:** solid residues; forest seedlings; soil improvers

## **Introdução**

A produção de mudas de espécies florestais nativas em viveiro é usada com objetivos ambientais, tais como recuperação de áreas degradadas e reflorestamento de matas ciliares. Atualmente, destaca-se como uma alternativa viável, devido à intensa devastação das florestas nativas, como a Mata Atlântica, onde as espécies de maior valor econômico foram praticamente extintas, em razão da exploração desordenada para fins energéticos, madeireiro e agropecuário (SEAG, 1989).

As condições de solo e tratos silviculturais adequados são fundamentais no processo produtivo. Os substratos orgânicos utilizados na fase de viveiro em silvicultura são, na sua maioria, pobres em nutrientes essenciais ao crescimento da planta e, nesse sentido, a fertilização é um dos fatores mais importantes para garantir um bom desenvolvimento das mudas.

A utilização de um substrato que promova um rápido crescimento inicial das mudas é fundamental para melhorar a tecnologia de produção na fase de viveiro, com uma expectativa de atender a demanda de mudas para um mercado em franca expansão (MORAIS et al., 1996).

Hoje, com o intuito de obter melhor produtividade dos plantios,

têm-se procurado definir os melhores recipientes, substratos, dosagens e tipos de fertilizantes para produção de mudas de melhor qualidade (CARNEIRO, 1995).

O biossólido, nome comercial do lodo de esgoto após sofrer um processo de estabilização, constitui a parte sólida do esgoto. Este resíduo pode ser usado como condicionador das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, considerando seu teor de matéria orgânica e nutrientes (MELO et al., 1994).

A aplicação do biossólido no solo de florestas plantadas em áreas agrícolas, está se credenciando como a melhor alternativa para a disposição final deste resíduo (VAN RAIJ e QUAGGIO, 1983).

Assim, este trabalho identifica os benefícios da utilização do lodo produzido em lagoas de estabilização como substrato na produção de mudas de espécies florestais, visando buscar alternativas de disposição desse rejeito.

## **Revisão Bibliográfica**

### **Características do Biossólido**

As lagoas de estabilização do lodo são os sistemas de tratamento biológicos mais utilizados no Brasil, entretanto não tem sido dada a devida importância

à problemática do volume de lodo produzido pelas lagoas bem como a sua disposição. O lodo produzido em cerca de 90% das lagoas da Região Sudeste do Brasil nunca foi removido e diversas lagoas anaeróbias possuem mais que 50% de seu volume ocupado com lodo (GONÇALVES, 1998).

No estado de São Paulo foram elaboradas normas para regularizar a utilização do bio sólido (CETESB, 1999). Segundo elas, o termo bio sólido refere-se exclusivamente ao lodo resultante do sistema de tratamento biológico de despejos líquidos sanitários, com características tais que atendam as condições das normas para uma utilização segura na agricultura.

Santos e Tsutiya (1997) estimaram uma produção de 575 t dia<sup>-1</sup> de lodo no ano de 1997, considerando somente as estações de tratamento da região metropolitana de São Paulo. Nos Estados Unidos, segundo EPA (1999), foi estimada uma produção de 6,9 milhões de toneladas durante o ano de 1998.

Uma das aplicações do bio sólido compreende o fornecimento de matéria orgânica na composição de substratos para formação de mudas frutíferas e florestais. Os bio sólidos estão sendo melhorados por muitos programas industriais de pré-tratamento, e os resíduos de celulose e papel têm sido produzidos com menos contaminantes orgânicos devido às mudanças nos processos de fabricação.

Atualmente, o Brasil possui aproximadamente cinco milhões de hectares com plantações homogêneas, predominando as espécies de *Eucalyptus* e de *Pinus* (GONÇALVES et al., 2000). Os

povoamentos florestais, geralmente, são implantados em solos de baixa fertilidade, frequentemente depauperados por longos anos de agricultura e pecuária. Esses solos trazem consigo modificações em suas propriedades físico-químicas, como esgotamento nutricional e desestabilidade de agregados, que podem levar a um reflexo negativo na produtividade do povoamento florestal.

Nos Estados Unidos, desde a década de 70 e, mais recentemente, na Austrália, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas, destacando-se as alterações benéficas promovidas no solo pela aplicação do bio sólido, proporcionada principalmente pela matéria orgânica e nutrientes presente em sua composição, sendo esses os principais fatores que melhoram as características químicas e físicas do solo e que elevam a produtividade das plantações florestais (HENRY et al., 1994; HARRISON et al., 1994; POLGLASE e MYERS, 1995).

Gonçalves et al. (2000) relataram que substratos adequados para a propagação de mudas via semente e estaca podem ser obtidos a partir da mistura de 70 a 80% de um componente orgânico (esterco de bovinos, casca de eucalipto ou pinus, bagaço de cana e lixo urbano), com 20 a 30% de um componente usado para elevar a macroporosidade (casca de arroz carbonizada, cinza de caldeira de biomassa, bagaço de cana carbonizado).

A aplicação de bio sólido em plantações florestais apresenta uma série de vantagens em comparação com cultivos agrícolas. Hart et al. (1988), resumem essas vantagens: os produtos das culturas florestais normalmente não são comestíveis, diminuindo o risco em

relação aos cultivos de plantas alimentícias, quanto à incorporação na cadeia alimentar e a chegada de possíveis contaminantes ao homem; as florestas respondem à aplicação de biossólido com significativo aumento de biomassa e nutrientes no ecossistema; os ciclos das culturas florestais são mais longos e a acumulação de biomassa durante esse período é uma maneira de armazenar certos elementos químicos eventualmente perigosos, que podem ser retirados do local com a colheita da madeira; os solos florestais são geralmente pobres, resultando em melhor aproveitamento e menores perdas dos nutrientes; além disso, o ciclo longo das culturas florestais permite maiores intervalos e uma maior dinâmica em aplicações do que as culturas anuais, aumentando a eficiência de absorção do sistema radicular perene, profundo e bem distribuído das árvores.

De maneira geral, tanto na Europa quanto na América do Norte e Austrália, existem diversas pesquisas com respostas favoráveis das espécies florestais de interesse silvicultural, principalmente a do gênero *Pinus*, à adição de biossólido (MCNAB e BERRY, 1985; PHILIPS et al., 1986; HART et al., 1988; HENRY et al., 1993 e 1994; POLGLASE e MYERS, 1995; BRAMRYD, 2001).

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).

A matéria orgânica é um componente fundamental dos substratos, cuja finalidade

básica, de acordo com Cordell e Filer (1984) e Rosa Júnior et al. (1998) é aumentar a capacidade de retenção de água, oxigênio e nutrientes para as mudas.

A utilização de biossólidos como substrato pode propiciar um melhor aproveitamento de nutrientes pela planta, em relação à adubação mineral, visto que os mesmos estão na forma orgânica e são liberados gradativamente, suprimindo de modo mais adequado as exigências nutricionais no decorrer do ciclo biológico (CARVALHO e BARRAL, 1981).

Analisando estudos referentes ao efeito da adição de biossólido em plantações de eucalipto, percebe-se aumento na produtividade florestal, na produção e na decomposição do folheto, melhorias nas condições químicas e físicas do solo e aumento da área basal e da densidade das copas das árvores (GUEDES, 2000).

O biossólido é comprovadamente um excelente fornecedor de matéria orgânica, capaz de melhorar as propriedades físicas do solo (JORGE, et al., 1991), rico em fósforo e nitrogênio, além de outros nutrientes presentes em menores quantidades (SILVA et al., 1998), podendo ser beneficentemente reciclado dentro de ambientes florestais (HENRY et al., 1994).

Maia (1999), em experimento utilizando solo, lodo biológico (proveniente da ETE de uma fábrica de papel e celulose) e casca de *Pinus* como substrato, comprovou que a presença de solo no substrato é dispensável, e o lodo, por sua vez, não deve ser usado puro, apesar da sua relativa fertilidade, devido provavelmente a sua baixa porosidade.

Em função disso, as misturas desses componentes com casca de *Pinus* melhorou a porosidade e a aeração do substrato.

De acordo com Cordell e Filer Jr. (1984), devem ser consideradas outras vantagens desse componente sobre o desenvolvimento vegetal, tais como redução da densidade aparente e global e aumento da porosidade do meio, características que podem ter ampla participação positiva dos materiais orgânicos.

Em trabalho realizado por Morais et al. (1996), comparando esterco bovino, bio sólido e acículas de pinus, ficou comprovado que o melhor crescimento em diâmetro do colo e altura total para mudas de cedro na fase de viveiro, foi obtido em mudas desenvolvidas no substrato de 70% de solo sem adubação + 30% bio sólido, seguido pelo tratamento 70% solo sem adubação + 30% esterco bovino. Em relação à produção de matéria seca, esses mesmos tratamentos obtiveram os maiores ganhos, concluindo-se que o uso do bio sólido durante a fase de viveiro é uma alternativa viável como substrato orgânico em mudas de cedro.

### **Tipos de condicionadores de solo**

Existem vários condicionadores de solos em potencial que podem ser utilizados em meios florestais. Entre eles podem-se citar: bio sólidos municipais, resíduos industriais de celulose e papel, cinzas de incineradores, compostos derivados da compostagem de matéria-prima, tais como, bio sólidos, resíduos de jardinagem, lixo urbano, compostos de resíduos mistos e resíduos de produtos florestais.

Nos Estados Unidos, a aplicação de bio sólidos municipais em solos tem sido

praticada com sucesso há muitos anos (HARRISON et al., 2003). No Brasil essa prática é recente. As observações têm provado que o bio sólido é um efetivo condicionador de solos, quando aplicado apropriadamente a certos tipos de áreas florestais (HENRY et al., 1993; GONÇALVES et al., 2000).

Os resíduos provenientes das indústrias de celulose e papel têm sido usados com sucesso no condicionamento e fertilidade do solo, melhorando as propriedades necessárias para o desenvolvimento das árvores (GUERRINI et al., 2000).

As cinzas de incineradores têm sido estudadas e aplicadas em áreas florestais do nordeste dos EUA e sudeste do Brasil, enquanto que a aplicação de compostos orgânicos em povoamentos florestais tem sido estudada pela Universidade da Flórida e pela Universidade Estadual Paulista – UNESP/Botucatu (HARRISON et al., 2003).

### **Efeitos benéficos dos condicionadores do solo**

#### **Melhoria do solo**

As partículas finas e os materiais orgânicos podem melhorar a capacidade do solo em reter umidade e nutrientes de uma maneira imediata e prolongada (GUERRINI et al., 2000).

Além disso, muitos nutrientes podem ser fornecidos por alguns condicionadores adicionados ao solo (os bio sólidos fornecem um excelente equilíbrio de, praticamente, todos os nutrientes) e outros ajustam o pH do solo (tais como cinza de incineradores, a qual, em geral, tem pH maior do que 9).

## Crescimento das plantas

Estudos preliminares nos EUA mostram respostas maiores a bio sólidos do que fertilizantes com nitrogênio. Além disso, o efeito parece ser mais longo com bio sólidos, com alguns estudos mostrando uma resposta contínua do crescimento oito anos após a aplicação. No Brasil, Pogiani et al. (2000) comprovaram a grande vantagem econômica de se aplicar o bio sólido em plantações florestais em relação ao seu descarte em aterro sanitário.

Em eucalipto, no Brasil, obteve-se um aumento de 37% na produtividade quando se aplicou 10 t ha<sup>-1</sup> de bio sólido juntamente com fósforo em comparação à adubação química aos 22 meses de idade (GONÇALVES et al., 2000).

A incorporação de resíduos de celulose e papel como condicionador de solo foi investigada em viveiros com três espécies diferentes: Douglas-fir, Estern White Pine (*Pinus monticola*) e Noble fir (*Abies procera*) (HENRY et al., 1994). A adição de lodo secundário produziu respostas excelentes de crescimento; crescimentos médios em altura de 246%, 107% e 207% sobre os controles, foram observados em Douglas-fir, Western White pine e Noble fir, respectivamente. De modo similar, o crescimento em diâmetro foi de 66%, 89% e 70% sobre os controles, respectivamente.

Nas condições brasileiras, existem diversos estudos relacionando os efeitos da aplicação do lodo secundário sobre o crescimento do eucalipto. O uso de lodo secundário decomposto juntamente com a cinza de madeira promoveu ganhos na produção

volumétrica de *Eucalyptus grandis*, aos dois anos de idade, que variaram de 3% a 87% em relação à adubação química (GUERRINI et al., 2000).

No Brasil, poucos são os estudos com composto de lixo urbano em florestas. Em Neossolo Quartzarênico de Itatinga (SP), Andrade (1999) obteve um ganho de 45,6% em volume cilíndrico de *E. Grandis* aos sete anos de idade, quando aplicou 15 t ha<sup>-1</sup> de composto de lixo urbano em relação à adubação química, além de obter melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo e redução no tempo de decomposição da serapilheira.

## Considerações Finais

Os municípios e indústrias têm-se confrontado com o problema de manejo cada vez maior de resíduos, tanto sólido, como os de tratamento primário e secundário de águas residuais.

As lagoas de estabilização são os sistemas de tratamento biológico mais utilizado no Brasil, entretanto não tem sido dada a devida importância à problemática do volume de lodo produzido pelas lagoas bem como a sua disposição (GONÇALVES, 1998).

O termo bio sólido vem sendo utilizado como substituto de lodo de esgoto, para diferenciar este resíduo com potencial de uso benéfico em culturas agrícolas e florestais, após as transformações microbianas e a devida higienização dos dejetos que o originaram.

De acordo com Guerrini e Trigueiro (2003), o uso do bio sólido como componente de substratos é uma alternativa viável para a disposição final deste resíduo, tendo em vista a

economia de fertilizantes que esse material pode proporcionar, além do benefício ambiental.

Assim, uma das alternativas mais promissoras para que as estações de tratamento de esgoto possam dar uma

disposição final adequada ao lodo gerado, é sua utilização como biossólido em áreas florestais, aproveitando o seu potencial como fertilizante e condicionador de solos para melhorar o desenvolvimento de mudas de árvores.

## Referências

ANDRADE, C. A. *Nitratos e metais pesados em solos e plantas de eucalyptus grandis após aplicação de biossólido da ETE Barueri*. 1999. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba. São Paulo.

BRAMRYD, T. Effects of liquid and dewatered sewage sludge applied to a Scots pine stand (*Pinus sylvestris* L.). In: *Central Sweden. Forest ecology and management*, v.147, n.2/3, p. 197-216, 2001.

CARNEIRO, J. G. de A. *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Campos dos Goytacazes: UFPR/FUPEF/UENF, 1995. 451p.

CARVALHO, P. C. T.; BARRAL, M. F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. *Fertilizantes*, Piracicaba, v. 3, n.2, p. 1-4, 1981.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. *Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação*. São Paulo: CETESB, 1999. 32 p. (Manual técnico).

CORDELL, C. E.; FILER Jr., T. H. *Integrated nursery pest management*. In: SOUTHERN PINE NURSERY HANBOOK: Atlanta, USDA. Forest Service, Southern Region, 1984. p. 1-17.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA/U.S. *Biosolids generation, use, and disposal in the United States*. Washington: Office of Solid Waste. Solid Waste and Emergency Response (5306W), 1999. 74p. (EPA 530-R-99-009).

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. *Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V.; Ed. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000, p.309-350.

GONÇALVES, R. F. *Caracterização, técnica de remoção e reciclagem agrícola do lodo de lagoas de estabilização*. Curitiba: PROSAB/FINEP, 1998. (Edital 01/96).

GUEDES, M. C. *Efeito da aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre a nutrição, ciclagem de nutrientes e crescimento de sub-bosque em plantação de eucalipto*. 2000. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba. São Paulo.

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

GUERRINI, I. A.; VILLAS BOAS, R. L.; BENEDETTI, V.; COMÉRIO, J.; MORO, L. *Application of wood ash and pulp and paper Sludge to Eucalyptus grandis in tree Brazilian soils*. In: Principles and practice of residuals use. Seattle: College of Forest Resources, University of Washington, 2000. p.127-131.

HARRISON, R. B.; HENRY, C. L.; XUE, D. S. Magnesium deficiency in Douglas-fir and grand fir growing on a sandy outwash soil amended with sewage sludge. *Water, air and soil pollution*, v. 75, n. 1/2, p. 37-50, 1994.

HARRISON, R.B.; GUERRINI, I.A.; HENRY, C.L.; COLE, D.W. Reciclagem de resíduos industriais e urbanos em áreas de reflorestamento. Piracicaba: *Circular Técnica IPEF*, n.198, 2003. 20 p.

HART, J. B.; NGUYEN, P. V.; URIE, D. H.; BROCKWAY, D. G. Silvicultural use of wastewater sludge. *Journal of forestry*, v.86, n.8, p. 17-24, Ago. 1988.

HENRY, C. L.; COLE, D. W.; HARRISON, R. B. Use of municipal sludge to restore and improve site productivity in forest: the pack forest sludge research program. *Forest ecology and management*, v.66, p.137-149, 1994.

HENRY, C. L.; COLE, D. W.; HINCKLEY, T. M.; HARRISON, R. B. the use of municipal and pulp paper sludges to increase production in florestry. *Journal of sustainable forestry*, v.1, n.3, p. 41-45, 1993.

JORGE, J. A.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Condições físicas de um latossolo vermelho-escuro quatro anos após a aplicação de lodo de esgoto e calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.15, p.237-240, 1991.

MAIA, C. M. B. F. Uso de casca de *Pinus* e lodo biológico como substrato para a produção de mudas de *Pinus taeda*. *Boletim de pesquisa florestal*, Colombo, n.39, p.81-82, 1999.

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

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELI, R. A.; LEITE, S. A. S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.18, p. 449-455, 1994.

MORAIS, S. M. J.; ATAIDES, P. R. V.; GARCIA, D. C.; KURTZ, F. C.; OLIVEIRA, O. S.; WATZLAWICK, L. F. Uso do lodo de esgoto da Corsan – Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos. *Sanare* (SANEPAR), Curitiba, v.6, n.6, p.44-49, 1996.

PHILLIPS, R. P.; FISHER, J. T.; MEXAL, J. G. Fuelwood production utilizing *Pinus eldarica* and sewage sludge fertilizer. *Forest ecology and management*, v. 16, p. 95-102, 1986.

POLGLASE, P. J.; MYERS, B. J. Tree plantation for recycling effluent and biosolids in Australia. In: ELDRIDGE, K. G., Ed. *Environmental management: the role of eucalypts and other fast growing species*. Melbourne: CSIRO, 1995, p. 100-109.

ROSA JÚNIOR, E. J.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; SANTOS FILHO, V. C. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis Hill*, em tubetes. *Revista de ciências agrárias*, v.1, n.2, p.18-22, 1998.

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.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA – SEAG. *Programa de Desenvolvimento Florestal do Espírito Santo*. Vitória-ES: SEAG, v. 1, 1989. (Diagnóstico)

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada solo adubado com lodo de esgoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.1, p.1-8, 1998.

VAN RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. *Boletim Técnico*. IAC, n.81, p.1 - 40, 1983.