

RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CELULOSE EM PLANTIOS FLORESTAIS

Antonio Francisco Jurado Bellote^{*}
Helton Damin da Silva^{**}
Carlos Alberto Ferreira^{*}
Guilherme de C. Andrade^{***}

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o 7º maior produtor mundial de celulose e o 11º maior produtor mundial de papel, além de ser um dos 15 maiores mercados mundiais consumidores desses produtos. Um total de 235 empresas de papel e celulose opera 268 unidades industriais localizadas em 17 estados brasileiros, gerando 109 mil empregos diretos, sendo 66 mil nas indústrias e o restante na produção florestal.

Atualmente existem cerca de 6 milhões de hectares reflorestados no país, para os mais diversos fins. Deste total aproximadamente 4,6 milhões de hectares são cultivados com *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., dos quais 1,5 milhões de hectares são reflorestamentos destinados ao setor de papel e celulose.

Nos processos industriais que envolvem a madeira, usualmente, gera-se resíduos com alto percentual de matéria orgânica. Define-se como resíduo das indústrias de base florestal, as sobras que ocorrem no processamento mecânico, físico ou químico, e que não são incorporadas ao produto final. No caso da celulose, a casca, a lama de cal, o lodo biológico, o resíduo celulósico e a cinza de caldeira resultante da queima de biomassa, e que são produzidos ao longo do processo de produção, são genericamente classificados como resíduos.

A geração de resíduos tem sido significativa no setor florestal. As fábricas de papel e celulose deparam-se com problemas de ordem ambiental, devido à grande quantidade de resíduos gerados, aproximadamente 48 t de resíduos para cada 100 t de celulose produzida. A opção por aterro sanitário para disposição final destes resíduos é inviável, em função dos altos custos para sua implantação e manutenção, além da exigência de cuidados especiais no manuseio, tendo em vista os riscos de contaminação ambiental.

O solo, por suas características físicas, químicas e biológicas, é um atraente meio para depuração desses resíduos. A eficiência do solo em depurar resíduos deve-se, principalmente, à grande biodiversidade presente no mesmo. Entretanto, junto com a matéria orgânica, os resíduos carregam minerais prejudiciais ao solo, tanto pela sua característica química, como pela quantidade adicionada.

Até o momento, as pesquisas realizadas com resíduos, gerados pela indústria de papel e celulose, mostram grande potencial de uso ao aumento da produtividade do eucalipto, em conseqüência da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Faltam, ainda, estudos sobre dosagens economicamente viáveis e sobre o possível efeito desses resíduos no perfil do solo e no lençol freático.

* Eng.-Agrônomos, Doutores, CREA nºs 47548-D e 24728-D, respectivamente, Pesquisadores da *Embrapa Florestas*.

** Eng. Florestal, Doutor, CREA nº 11648-D/PR, Pesquisador da *Embrapa Florestas*.

*** Eng. Florestal, Mestre, CREA nº 55046-D, Pesquisador da *Embrapa Florestas*.

2. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CELULOSE

Nas empresas que utilizam o processo kraft para extração de celulose os resíduos recebem as denominações técnicas de dregs, grits, além da lama de cal e lodo orgânico da estação de tratamento de efluentes líquidos (Bergamin, 1994). No branqueamento da celulose, os resíduos produzidos em maior quantidade são: cinza de caldeira, resíduos de celulose e lama de cal, (Moro, 1994). Dentre esses resíduos, a *Embrapa Florestas* tem destacado atenção para os trabalhos com cinza de caldeira e resíduo celulósico.

A cinza de caldeira tem como características principais, altos teores de matéria orgânica, fósforo, cálcio e uma relação C/N de 30/1. O resíduo celulósico tem altos teores de matéria orgânica total e compostável, altos teores de resíduo mineral, nitrogênio total, cálcio e relação C/N de 25/1.

O resíduo celulósico, devido à sua alta relação carbono/nitrogênio necessita decomposição prévia. Este processo pode ser realizado através da inoculação de agentes decompositores, um método ainda não desenvolvido, em função principalmente do envolvimento de custos adicionais e necessidades freqüentes de monitoramento. A decomposição natural é o método mais utilizado, mas que necessita de área de estocagem e um longo período para sua completa decomposição (2 a 3 anos). A cinza é o material proveniente da queima da biomassa vegetal nas caldeiras, podendo ser utilizada isoladamente ou em mistura com os resíduos celulósicos.

3. EFEITO DOS RESÍDUOS NO SOLO E NA PRODUTIVIDADE FLORESTAL

A aplicação dos resíduos orgânicos, oriundos da fabricação de celulose e papel, tem os seguintes efeitos benéficos no solo: a) elevação do pH com conseqüente aumento na disponibilidade de determinados nutrientes, notadamente fósforo e micronutrientes; b) aumento da capacidade de troca de cátions dos solos; c) incorporação de nutrientes minerais necessários às árvores; d) melhoria das propriedades físicas como a granulometria, a capacidade de retenção de água e a densidade do solo. Além disso, a aplicação de resíduos da celulose e cinza de caldeiras aumenta a atividade biológica do solo acelerando a decomposição da serapilheira e a ciclagem de nutrientes.

Os solos utilizados em reflorestamentos brasileiros, com raras exceções, são de baixa fertilidade, mesmo para a atividade florestal. A correção desses solos é necessária para melhorar a fertilidade e o nível de matéria orgânica, aumentar a disponibilidade de nutrientes minerais e a capacidade de retenção de água e de cátions no solo.

3.1. Efeito na produtividade de plantios florestais

As pesquisas realizadas pela *Embrapa Florestas* mostram aumentos significativos de produtividade em plantios de *Eucalyptus grandis* com a aplicação conjunta de adubos minerais e de resíduos.

O efeito sinérgico dos resíduos industriais e do adubo mineral, na produtividade florestal, é muito elevado. A tendência linear de incremento em produtividade observado até as doses de 50 t/ha indica a possibilidade de ganhos ainda maiores com quantidades mais elevadas de resíduos. Os maiores incrementos em altura (4,0

m) e em volume de madeira (de 22 e 34 m³/ha.ano), foram obtidos nas doses mais elevadas de cinza e resíduo celulósico, respectivamente. Estes incrementos representam um acréscimo de produtividade da ordem de 65% e 85%, respectivamente, para cinza e resíduo celulósico, em relação à adubação mineral (Figuras 1 e 2).

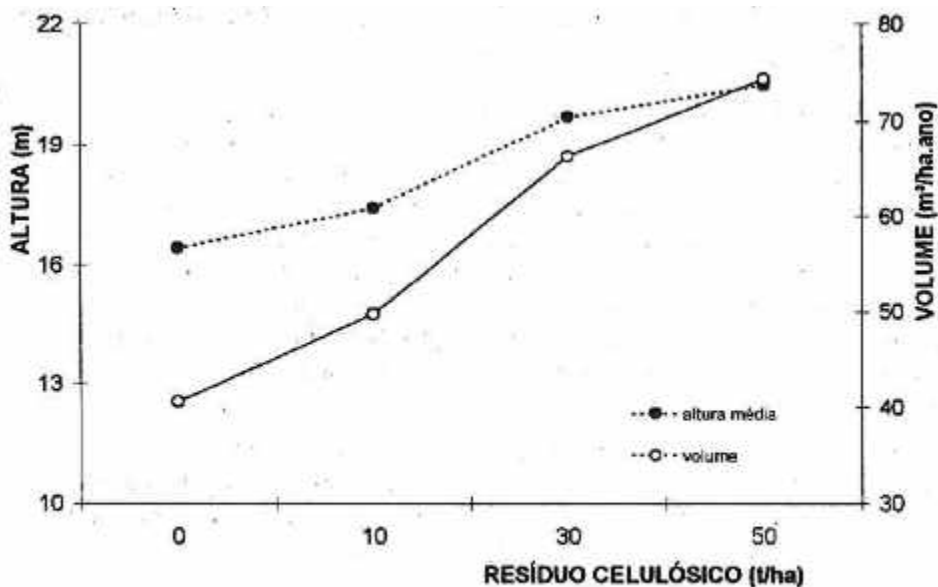


Figura 1 – Efeito sinérgico da aplicação de resíduo celulósico e adubação mineral, na produtividade de *E. grandis*, aos 3 anos de idade.

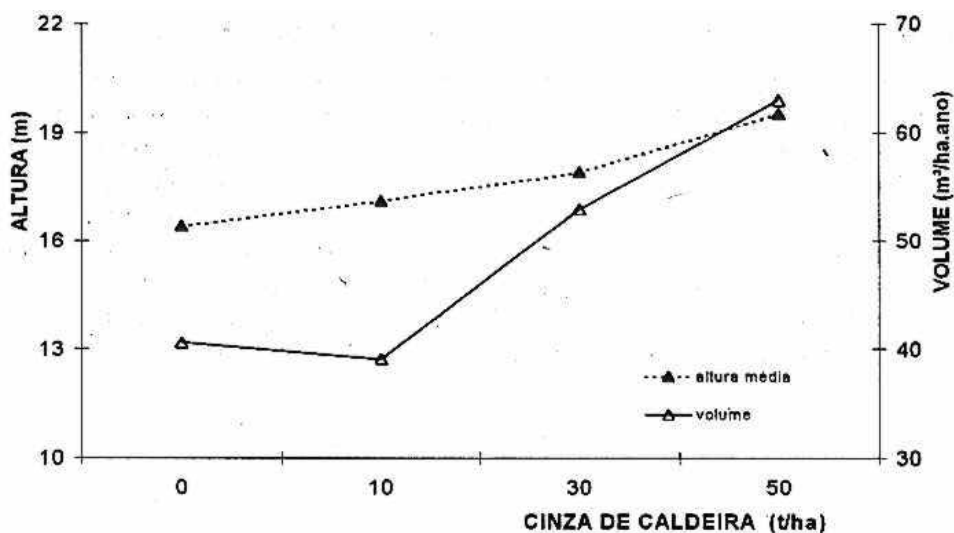


Figura 2 – Efeito sinérgico da aplicação de cinza de caldeira, e adubação mineral na produtividade de *E. grandis*, com 3 anos de idade.

Embora os resultados tenham sido obtidos aos três anos de idade, há manutenção dessas diferenças até o corte final, como observado em diversos experimentos.

3.2 Efeito no solo

O efeito dos resíduos no solo é mais pronunciado nos primeiros 10 cm de profundidade. Alterações são observadas principalmente na acidez e nas bases trocáveis, K, Ca da solução do solo, com conseqüência direta na saturação de bases do solo (V%). O uso de doses mais altas de resíduo e cinza aumenta o conteúdo de matéria orgânica, reduz a concentração de Al e aumenta a fertilidade do solo (Bellote et al., 1995).

Os aumentos nos conteúdos de P, K, Ca e Mg no solo, observados nos tratamentos com maiores quantidades de cinza de caldeira e resíduo de celulose, podem ser atribuídos ao aumento dos teores de matéria orgânica e alterações positivas na microbiologia do solo, fatores que afetam diretamente a ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, a disponibilidade dos nutrientes às plantas. É importante salientar que a testemunha deste trabalho, é o mesmo tratamento de adubação utilizado em plantios comerciais.

A capacidade de retenção de água do solo é outro fator que pode ser alterado pela aplicação de resíduos e cinzas. Expresso pela porcentagem de água em relação à massa do solo seco ou ao seu volume total, relaciona-se, principalmente, à quantidade de macro e microporos presentes no solo. A aplicação dos resíduos e da cinza não afetou a saturação total de água no solo. A medida que aumenta o potencial da água no solo os tratamentos que receberam resíduo e cinza aumentaram sua capacidade de retenção de água. Na condição de capacidade de

campo (0,30 atm) o resíduo e a cinza aumentaram a capacidade do solo em reter água de 12 a 14%, em relação à testemunha, em todos os tratamentos (Figura 3), mas não de forma homogênea.

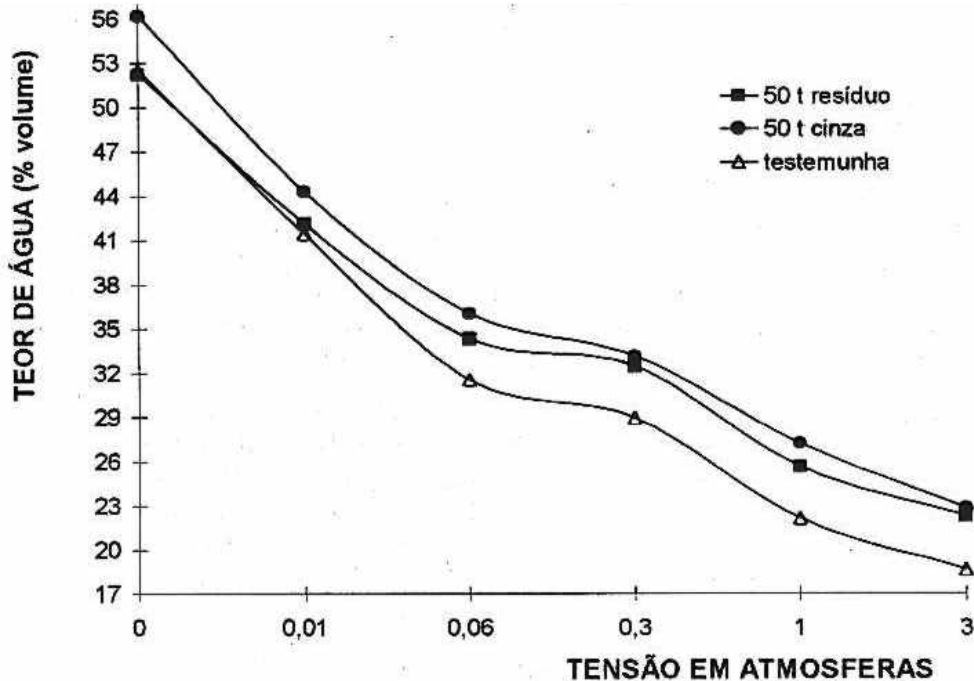


Figura 3. Curva de retenção de água do solo aos três anos de idade, em função do uso de adubo mineral (testemunha) e resíduos industriais.

3.3. Efeito na decomposição da serapilheira

A decomposição da serapilheira é um dos processos pelos quais os nutrientes são ciclados no interior de um povoamento florestal. A quantidade e a rapidez da decomposição podem associar-se a maiores produtividades. A liberação de nutrientes depositados na serapilheira depende, em parte, dos processos de decomposição, os quais por sua vez, dependem de vários fatores, tais como o tipo de biomassa depositada, a temperatura, a precipitação, a composição química da serapilheira e dos agentes decompositores, dentre outros.

O aumento observado na produtividade deve-se, além dos fatores já discutidos, às alterações biológicas benéficas promovidas pelo uso de resíduos, favorecendo e acelerando a decomposição da serapilheira. Observa-se nas condições de cerrado do Estado de São Paulo, que a aplicação de resíduos aumentou em três vezes a velocidade de decomposição da serapilheira, acelerando, portanto, a ciclagem e disponibilização dos nutrientes às plantas.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O uso dos resíduos industriais cinza de caldeira e resíduo de celulose mais adubo mineral, em plantios florestais, possibilita ganhos expressivos em volume de madeira, praticamente dobrando a produtividade, devido à melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

O aumento da concentração de sódio, observada em solos após a aplicação de resíduos ricos nesse elemento, demonstra a necessidade de monitoramento cuidadoso para evitar efeitos nocivos de quantidades excessivas presentes no solo.

É recomendável que sejam ampliadas as pesquisas com esses resíduos, em especial, a manipulação, compostagem e balanceamento nutricional dos resíduos, bem como, os seus efeitos no solo e na água subterrânea.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, G.C.; MARTINEZ, C.M.; SILVA, H.D. da; BELLOTE, A.F.J. **Efeito da aplicação de adubo fosfato e resíduo de celulose no crescimento inicial do *Eucalyptus dunnii***. In: WORKSHOP SUL AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANO, 1997, Curitiba. **Anais**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ / IBAMA / Universidade Federal do Paraná, 1997. p.136-139.
- ANDRADE, G. de C.; SILVA, H.D. da; FERREIRA, C.A.; BELLOTE, A.F.J.; MORO, L. Contribucion del agua de lluvia en la oferta de nutrientes minerales para el *Eucalyptus grandis*. **Bosque**, Valdivia, v.16, n.1, p.47-51, 1995.
- BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D. da; ANDRADE, G. de C. Efecto de la aplicacion de ceniza de caldera y residuo de celulosa en el suelo y en el crecimiento de *Eucalyptus grandis*. **Bosque**, Valdivia, v.16, n.1, p.95-100, 1995.
- BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D. da; ANDRADE, G. de C.; MORO, L. **Implicações ecológicas do uso de cinza da caldeira e resíduo de celulose em plantios de *Eucalyptus grandis***. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, Botucatu, 1994. **[Anais]**, Botucatu: UNESP. Faculdade de Ciências Econômicas, 1994. p.167-187.
- BERGAMIN, F.N.; ZINI, C.A.; GONZAGA, J.V.; BORTOLAS, E. **Resíduo de fábrica de celulose e papel: lixo ou produto?** In: SEMINÁRIO SOBRE USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1994, Botucatu. **[Anais]**. Botucatu: UNESP. Faculdade de Ciências Econômicas, 1994. p.97-120.
- FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D. da; BELLOTE, A.F.J.; ANDRADE, G. de C. Efecto de la aplicacion de ceniza y residuo de celulosa en la descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca en plantaciones de *Eucalyptus grandis*. **Bosque**, Valdivia, v.16, n.1, p.101-104, 1995.
- GUERRINI, I.A.; MORO, L. Influência da aplicação de resíduos industriais de fabrica de celulose e papel em plantios de eucalipto: efeitos no solo e na planta. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1994, Botucatu. **[Anais]**. Botucatu: UNESP. Faculdade de Ciências Econômicas, 1994. p.188-215.

MORO, L. **Utilização da "cinza" de biomassa florestal como fonte de nutrientes em povoamentos puros de *Eucalyptus grandis***. Piracicaba: ESALQ, 1994. Tese Mestrado.