

Influência do cancro basal em *Eucalyptus grandis*
nas propriedades da madeira e polpação kraftInfluence of the basal canker on *Eucalyptus grandis*
wood properties and kraft pulpingSandra Elizabeth de Souza¹, Cláudio Angeli Sansigolo²,
Edson Luiz Furtado³, Waldir Cintra de Jesus Junior⁴, Rodrigo Rocha Oliveira⁵**Resumo**

O objetivo desse trabalho foi determinar as influências do cancro basal nas propriedades da madeira para a produção de celulose kraft. O material consistiu de árvores de origem seminal de *E. grandis* classificadas em 4 níveis de severidade de cancro basal (0, 1, 2 e 3) e implantadas em três tipos de solos classificados pela textura (AQ1 e AQ3 – 10 a 15% de argila, e LEm2 – 26 a 35% de argila). A amostragem consistiu na escolha aleatória de cinco árvores para cada nível de severidade do cancro basal e tipo de solo, totalizando 60 árvores (4 níveis de cancro x 3 tipos de solo x 5 árvores). Estas árvores foram abatidas e seccionadas em 0, 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial para a coleta de discos e toretes de madeira. Os resultados mostraram que a textura do solo influencia na severidade do cancro do eucalipto e esse fato deve ser considerado quando se avaliam as propriedades da madeira e seu destino final. A textura do solo e os níveis severos de cancro basal exerceram influências nas propriedades da madeira, e conseqüentemente na polpação kraft.

Palavras chave: Cancro basal, *Eucalyptus grandis*, Propriedades químicas da madeira, Densidade básica, Polpação kraft.

Abstract

The objective of this research is to assess the influences of basal canker on wood properties for the kraft pulp production. The material consisted of seeded *E. grandis* trees classified into 4 levels of basal canker severity (0, 1, 2 and 3) and installed in three soil types classified by texture (AQ1 and AQ2 – 10 to 15% clay, and LEm2 – 26 to 35% clay). The sampling consisted of randomly selecting five trees for each for each canker severity level and soil type, totaling 60 trees (4 canker levels x 3 soil types x 5 trees). These trees were fallen and cut into sections at 0, 25, 50, 75 and 100% of the commercial height for the collection of disk and logs of wood. The results showed that the soil texture influences in the *Eucalyptus* canker severity and this fact should be considered when assessing the wood properties and their final destination. The texture of the soil and the severe levels of basal canker influence the wood properties, and therefore the kraft pulping.

Keywords: *Eucalyptus* canker, *Eucalyptus grandis*, Wood chemical properties, Basic density, Kraft pulping.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais exportadores de celulose, a produção em 2009 alcançou 13.4 milhões de toneladas, superou a Finlândia e Suécia. O crescimento do setor foi de 6%, com

participação de 3,3% nas exportações Brasileiras (BRACELPA, 2010).

Do ponto de vista ambiental 100% da produção de celulose e papel no Brasil vem de florestas plantadas recursos renováveis e sumidouros de carbono e práticas sustentáveis. Conforme

¹Professora do Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia UESB, Caixa Postal 95 – Vitória da Conquista, BA – 45.083-900 – E-mail: eliza@uesb.br

²Professor do Departamento de Ciência Florestal da FCA/UNESP – Fazenda Experimental Lageado – Botucatu SP- 18603-970 – E-mail: sansigolo@fca.unesp.br

³Professor do Departamento de Defesa Fitossanitária da FCA/UNESP – Fazenda Experimental Lageado – Botucatu, SP – 18603-970 – E-mail: elfurtado@fca.unesp.br

⁴Departamento de Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo-UFES CEP 29500-000 Alegre, ES, E-mail: wcintra@cca.ufes.br

⁵Engº Florestal, Departamento de Produção Florestal, Veracell Celulose e Papel, CEP 45820-000 Eunapólis, BA.

Gonçalves e Valeri (2001), as plantações de eucaliptos têm surtido grande efeito na redução da exploração predatória de matas nativas. Sendo, importante investigar as principais doenças para os povoamentos dos eucaliptos no Brasil.

O cancro basal de origem biótico, causado por *Cryphonectria cubensis* é uma doença de ampla distribuição geográfica (HODGES *et al.*, 1979; 1986; MYBURG *et al.*, 2003). Foi primeiramente relatada em Cuba (BRUNER, 1916), no Brasil foi relatado em Rio Claro, São Paulo, como "doença da casca", atualmente, a doença ocorre desde a região Amazônica até Santa Catarina (FERREIRA, 1989; KRUGNER; AUER, 2005).

O cancro do eucalipto, também foi detectado em hospedeiros nativos da família mirtáceas e melastomatáceas, tendo sido relatada a presença de *Crypsorhorte cubensis* (sin. *Cryphonectria cubensis*), (WINGFIELD, 2003; SEIXAS *et al.*, 2004; RODAS *et al.*, 2005; BARRETO *et al.*, 2006).

As condições de ambiente favorável para ocorrência de patógenos nos maciços de eucaliptos são: umidade relativa do ar elevada proporcionada pelas chuvas de verão, temperatura média superior a 23°C, ótima na faixa de 27 a 33°C. Os solos arenosos com concentração de boro inferior a 10 mg.Kg⁻¹, também é condição de predisposição ao cancro basal (KRUGNER; AUER, 2005; SILVEIRA *et al.*, 1996).

O cancro basal é uma doença importante no Brasil, África do Sul, havendo relatos de ocorrência no México, China e Austrália. O complexo de fungos que estão associados ao cancro de origem abiótico em *Eucalyptus* spp. são *Phomopsis* sp., *Botryosphaeria dothidea*, *Dothiorella* sp, e *Lasiodiplodia theobromae*. (DAVISON; TAY, 1983; SHEARER *et al.*, 1987; OLD *et al.*, 1990; 2003; PÉREZ-VERA *et al.*, 2005; FURTADO, 2006).

O cancro basal em eucaliptos originados de plantios seminais tem causado impacto nos maciços florestais implantados em solos arenosos de baixa fertilidade, sendo importante a realização de estudos que busquem associar os níveis de severidade do cancro aos danos na produção. O objetivo deste estudo foi determinar a influência do cancro basal em propriedades da madeira para a produção de celulose kraft.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em três povoamentos florestais originados de sementes de *E. grandis*, procedência Santa Rita do Passa Quatro, SP origem Coff's Harbour, da Empresa Votorantim

Celulose e Papel – VCP, região de Luís Antônio, São Paulo, onde se destacam grandes maciços de *Eucalyptus* spp.

Foram selecionados três povoamentos de eucalipto com características comuns quanto ao material genético, idade (quatro anos), espaçamento de plantio (3,0 x 2,5m), diferindo no tipo de solo.

(i) Povoamento I – Fazenda Cara Preta A: talhão 16, com tipo de solo AQ1 – composto por areia quartzosa álica ou distrófica, textura areia-franca (10-15% de argila), relevo suavemente ondulado.

(ii) Povoamento II – Fazenda Guataparã A: talhão 15; tipo de solo LEm2 – Latossolo Vermelho Escuro, álico ou distrófico, textura franco-argila-arenosa (26-35% argila), relevo suavemente ondulado.

(iii) Povoamento III – Fazenda Fibra IV Altinópolis: talhão 05; tipo de solo AQ3 – Areia quartzosa álica ou distrófica (com influência de rochas básicas), textura areia-franca (10-15% argila), relevo plano a suavemente ondulado.

A área experimental de cada povoamento constituiu em três parcelas de 1000 árvores, ocupando uma área de 7500 m². Nos três povoamentos, o estudo foi conduzido em nove parcelas, totalizando 9000 árvores que foram monitoradas individualmente.

Para o procedimento das avaliações fundamentada nas observações dos principais sintomas em campo, com ilustrações das fases de evolução da doença, e elaborada em quatro níveis de severidade: (0) árvore sadia; (1) árvore com cancro superficial sem o comprometimento significativo da região cambial; (2) árvores com cancro pronunciado, mostrando algum comprometimento da região cambial; (3) árvores com cancros causando, danos severos, comprometimento acentuado da região cambial e do lenho; (4) árvore morta pelo cancro basal (OLIVEIRA; FURTADO, 2000).

A amostragem das árvores para análises das propriedades da madeira e polpação Kraft, consistiu na escolha aleatória de cinco árvores para cada nível de severidade do cancro basal do eucalipto, conforme, escala diagramática e tipo de solo. Assim, foram abatidas 60 árvores (4 níveis de severidade de cancro x 3 tipos de solo x 5 árvores).

Estas árvores foram abatidas e seccionadas em 0, 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial. Nestas posições foram coletados discos de 3 cm de espessura, para determinação do volume da árvore, densidade básica média da árvore, composição química; e toretes de 1 metro de comprimento para polpação kraft.

O volume das árvores foi determinado através da fórmula de Smalian. As madeiras foram caracterizadas em relação à densidade básica através do método da balança hidrostática (ABTCP M 14/70, 1974), teor de extrativos totais (TAPPI T 12 wd-82), teor de lignina Klason insolúvel em ácido (TAPPI T 222 om-98), teor de celulose pelo método peroxiacético (WRIGHT; WALLIS, 1998) e teor de holocelulose determinado por diferença [%Holocelulose = 100 - (% Lignina insolúvel em ácido + % Extrativos Totais)]. Esta determinação do teor de holocelulose por diferença não levou em consideração o teor de lignina solúvel. Então, os resultados desta análise de holocelulose devem ser analisados com ressalvas, pois podem ter sido superestimados.

Os toretes foram transformados em cavacos, os quais foram classificados manualmente antes da polpação kraft, para a remoção dos cavacos finos e grossos. As polpações foram efetuadas em digestor rotativo de 20L de capacidade utilizando-se cápsulas nas seguintes condições de deslignificações kraft: álcali ativo como Na_2O = 14,0%; sulfidez = 25%; temperatura máxima = 170°C; tempo até temperatura máxima = 1h; tempo na temperatura máxima = 1 hora e relação licor/madeira, L/kg seco de madeira = 4/1. O controle de temperatura foi sempre verificado a cada 5 minutos em relação à temperatura teórica.

Os resultados foram analisados com o auxílio do programa Statistica. Para volume da árvore, densidade básica, rendimento da polpação e número kappa utilizou-se árvores individuais/tratamento (5 repetições) para analisar os efeitos do fator tipo de solo (3 tipos) e fator nível de severidade de cancro (4 níveis). Foi efetuada análise de variância para determinar a influência dos fatores e interação entre eles, análise de variância de um fator dentro do outro fator e correspondentes análises de comparação de médias através do teste de Tukey no nível de 5% de significância.

Para os componentes químicos da madeira, as cinco árvores de cada tratamento foram misturadas para obtenção de uma amostra composta antes das determinações. Neste caso, foi possível realizar análise de variância do tipo de solo independente do nível de cancro e vice-versa. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do volume da madeira de árvores com casca em função do tipo de solo e nível

de severidade do cancro basal estão apresentados na Figura 1. Observa-se que o volume das árvores foi semelhante nos três tipos de solo por nível de severidade. O valor médio de volume das árvores em função do tipo de solo, independente do nível de severidade do cancro, foi de 0,22 – 0,23 m³. É possível visualizar que, a elevação do nível de severidade do cancro basal por tipo de solo provocou decréscimo acentuado e significativo nos volumes das árvores com casca. O valor médio de volume das árvores em função do nível de severidade, independente do tipo de solo, variou significativamente, considerando-se as médias comparadas pelo teste de Tukey no nível de 5% de significância.

Na Figura 1 observa-se uma tendência linear na redução do volume da madeira, com valores menores (0,10 m³) no nível três de severidade. O que representa 70,58% de dano quando comparado ao volume das árvores sadias (0,34 m³) provavelmente as perdas já acontecem no nível 1 de severidade do cancro basal. Sendo possível afirmar que independente da textura do solo, a ocorrência do cancro em um povoamento de eucalipto, as perdas no volume de madeira aumentam com o nível de severidade da ocorrência do cancro.

O dano causado pelo cancro basal no volume da madeira de eucaliptos tem sido relatado em diferentes trabalhos Ferreira (1989); Krugner e Auer (2005). Ferrari e Couto (1984) concluíram que na classe de severidade 2 e 3 do cancro basal o volume da madeira de árvores de *E. grandis* com cinco anos apresentaram, em média redução de 5,86 e 20,96%.

A densidade básica da madeira é indicador que mais fornece informações sobre suas características e permite definir a adequação da madeira ao seu produto final. Assim, a produção de carvão para a siderurgia, dormentes para estrada de ferro, requer espécies de alta densidade. As indústrias de celulose de fibra curta trabalham com espécies de densidade básica intermediária. Trugilho *et al* (2005) realizaram análises com clones de eucalipto destinados à produção de celulose kraft de qualidade, e relataram valores médios de densidade básica entre 391 a 751 kg/m³.

Gomide *et al.* (2005) avaliaram dez clones de eucalipto para produção de celulose, os valores da densidade básica variaram entre 465 a 490 kg/m³, em 40% dos clones a densidade básica foi acima de 500 kg/m³. Esses dados indicam que as indústrias de celulose têm priorizado, na seleção de clones, densidades próximas a 500 kg/

m³, com tendência para densidades ligeiramente inferiores. Como no estudo do desempenho do processo kraft, Longue Junior *et al.*, (2009) trabalharam com madeiras de densidade 416kg/m³.

Observa-se na figura 2, que a densidade básica das árvores proveniente do solo LEm2 (26 a 35% de argila), foi inferior a dos solos AQ1 e AQ3 nos diversos níveis de severidade de cancro basal, mas as médias não diferiram pelo teste

de Tukey no nível de 5%. Para as árvores sadias (nível zero), a densidade básica foi 469 kg/m³ no solo LEm2, inferior aos valores apresentados nos dos solos arenosos AQ1 (471 kg/m³) e AQ3 (507 kg/m³). Independente do nível de severidade de cancro basal nas árvores, o valor médio da densidade básica da árvore nos solos LEm2, AQ1 e AQ3 foram respectivamente: 466 kg/m³; 476 kg/m³ e 501 kg/m³.

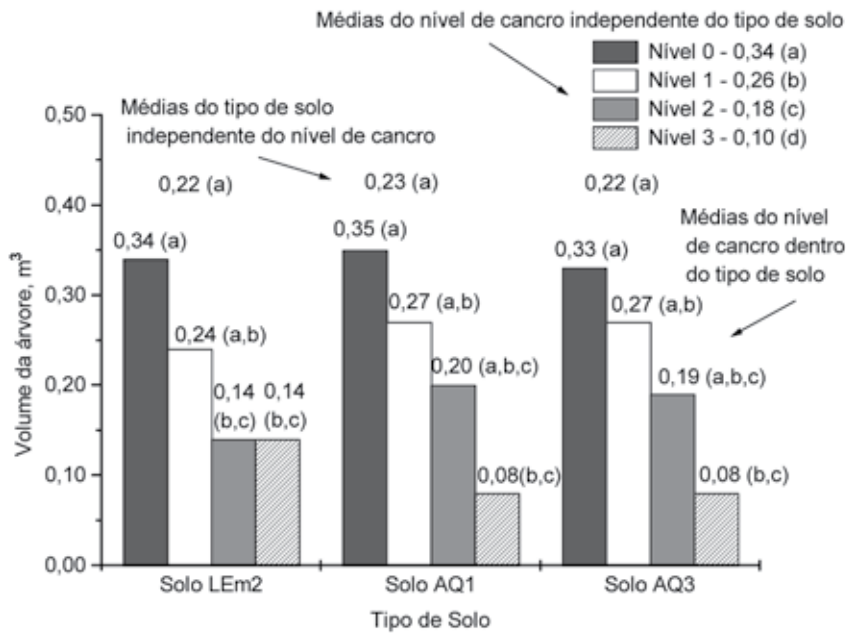


Figura 1. Volume da árvore com casca em função do tipo de solo e nível de severidade do cancro basal. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figure 1. Tree volume with bark in function of the soil type and basal canker severity level. Different letter indicate statistic differences by Tukey test at 5% significance.

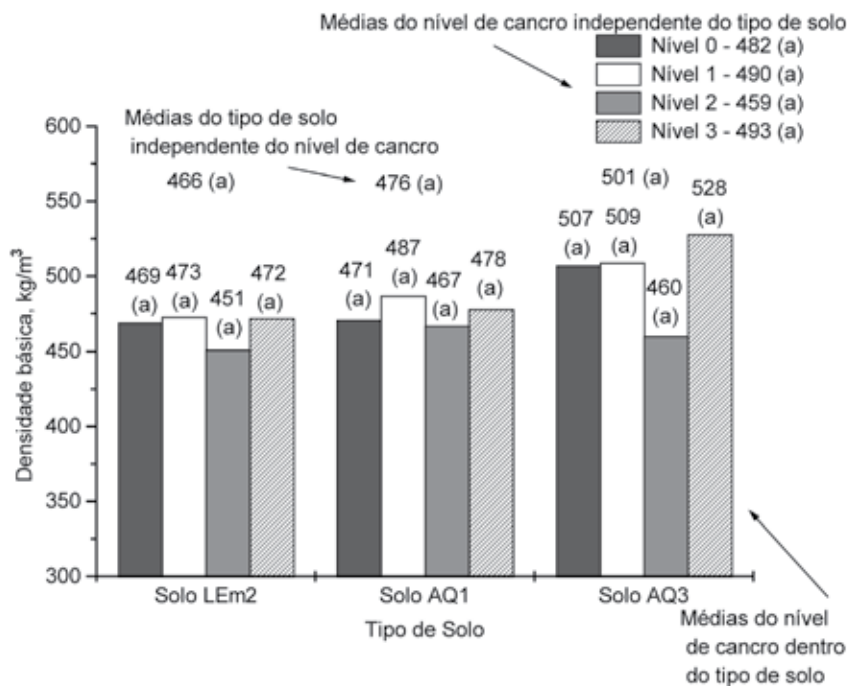


Figura 2. Densidade básica média da árvore em função do tipo de solo e nível de severidade do cancro basal. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figure 2. Tree mean basic density in function of the soil type and basal canker severity level. Different letter indicate statistic differences by Tukey test at 5% significance.

Neste trabalho pode-se sugerir que a textura do solo foi o diferencial para a elevação da densidade básica da madeira, e o valor médio da densidade básica da árvore em função do nível de severidade do cancro foi 482 kg/m³ (para as árvores sadias), 490 kg/m³ e 493 kg/m³ (na severidade 1 e 3) e 459 kg/m³ (na severidade 2), inferior as árvores sadias.

Uma das características da madeira com cancro é apresentar maior densidade básica (FOELKEL, 1974). Neste trabalho, as árvores com cancro basal com severidade nível 1 e 3, independente da textura do solo, apresentaram valores de densidade básica ligeiramente mais elevados que as árvores sadias, mas estas diferenças não foram significativas pelo teste de Tukey no nível de 5% de significância.

Os extrativos e a lignina são constituintes considerados como indesejáveis no processo de produção de celulose química, sendo suas determinações, indicativas que podem propiciar indiretamente estimativas sobre rendimento de processo e consumo de reagentes durante a polpação (BASSA, 2002).

A Figura 3 apresenta os valores de extrativos totais para o solo LEm2 (26 a 35% de argila) foram inferiores aos dos solos AQ1 e AQ3, nos diversos níveis de severidade do cancro basal. Os teores de extrativos totais mais elevados foram encontrados nas árvores do solo arenoso AQ3. O valor médio de teor de extrativos totais nas madeiras das árvores em função do tipo de solo,

independente do nível de severidade do cancro, foi de 2,60% (LEm2), 2,87% (AQ1) e 4,71% (AQ3). O teste de Tukey no nível de 5% mostra as diferenças significativas.

Foi verificado que as árvores cultivadas nos solos LEm2 e AQ1 apresentaram menores teores de extrativos totais e a severidade do cancro basal, por tipo de solo, provocou elevação no teor de extrativos totais da madeira. O valor médio do teor de extrativos em função do nível de severidade, independente do tipo de solo, mostra tendência de elevação, entretanto as médias não diferiram pelo teste de Tukey no nível de 5% de significância.

Gomide *et al.*, (2005) relataram que a permanência de uma menor quantidade possível de extrativos totais da madeira, na etapa de polpação, é altamente desejável, para minimizar problemas de incrustações formadas por extrativos em etapas de branqueamento e processamento posterior da polpa

Foelkel *et al.* (1976), encontrou nas árvores de *E. grandis* com cancro valores de solubilidade de 13,4% (água quente); 3,11% (álcool benzeno) e 22,1% (NaOH 1%). Para as árvores sadias, os valores de solubilidades foram 3,4%; 1,47% e 13,4%, respectivamente.

Os resultados da Figura 3 mostram que os valores de extrativos totais mais elevados ocorreram nas árvores do solo AQ3, e para as árvores com cancro, a maior média (4,04%) ocorreu no nível de severidade 3 do cancro basal.

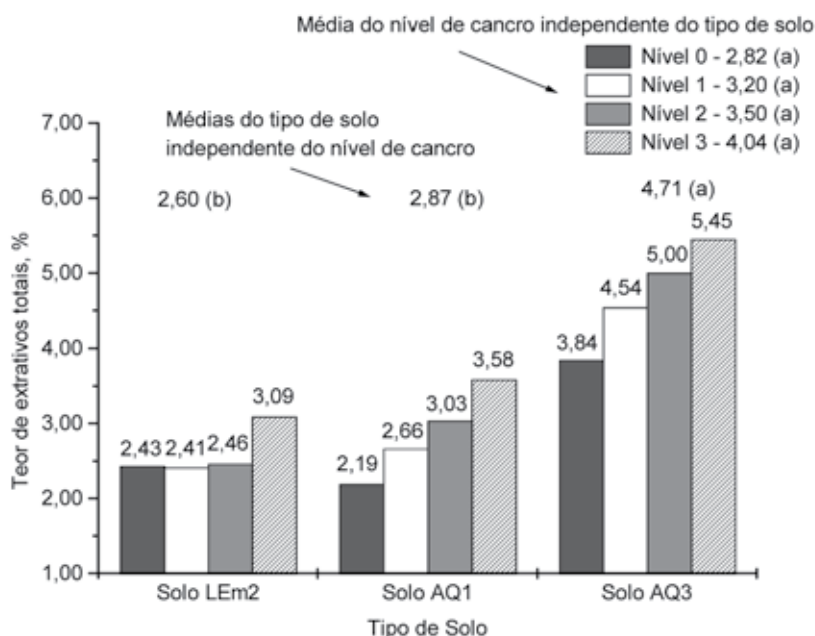


Figura 3. Teor de extrativos totais na madeira em função do tipo de solo e nível de severidade do cancro basal. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figure 3. Wood totals extractives content in function of the soil type and basal canker severity level. Different letter indicate statistic differences by Tukey test at 5% significance.

Os resultados obtidos para o teor de lignina estão apresentados na Figura 4. Os valores de lignina nas madeiras das árvores sadias dos solos arenosos (AQ1 = 24,8% e AQ3 = 24,9%) foram ligeiramente maiores que no solo de textura franco-argila-arenosa (LEm2 = 24,4%). Nas demais árvores com cancro não foram observadas relações entre teor de lignina e tipo de solo. O valor médio de lignina nas madeiras das árvores em função do tipo de solo, independente do nível de severidade, foi 24,6% (LEm2), 25,0% (AQ1) e 25,3% (AQ3), muito próximos e não significativos pelo teste de Tukey no nível de 5% de significância.

O teor reduzido de lignina na madeira é desejável, pois permite fácil obtenção de uma polpa celulósica de qualidade elevada, usando-se quantidade menor de produtos químicos (BARRICHELO; BRITO, 1976; COLLINS *et al.*, 1990). Nesse estudo, teor de lignina ligeiramente inferior foi encontrado na madeira das árvores do solo LEm2 do que nos solos arenosos. Nota-se que o aumento do nível de severidade do cancro basal, por tipo de solo, elevou o teor de lignina na madeira, principalmente quando da comparação de árvores sadias e árvores com o nível 3 de severidade. O valor médio do teor de lignina, independente do tipo de solo, mostra ligeira elevação entre árvores sadias (24,7%) e nível 3 de severidade (25,3%). Foelkel *et al.* (1976) encontrou em *E. grandis* teor de lignina de 29% (árvores com cancro), enquanto que o teor de lignina foi de 27% nas árvores sadias.

Para obter condições menos severas de polpação e um rendimento gravimétrico elevado, a madeira deve possuir um teor de lignina reduzido e um teor elevado de polissacarídeos (VALENTE *et al.*, 1992; TRUGILHO *et al.*, 2007).

Os polissacarídeos da madeira, principalmente a celulose, são de fato, os melhores indicadores para rendimento gravimétrico da polpação, podendo ser um indicativo para seleção de novas árvores matrizes para a produção de polpa kraft (SANTOS, 2000). A Figura 5 mostra o teor de celulose das árvores em função da textura do solo e nível de severidade do cancro. O valor médio do teor de celulose nas madeiras das árvores em função do tipo de solo, independente do nível de severidade do cancro, foi de 50,9% (LEm2), 50,5% (AQ1) e 49,8% (AQ3). Deve ser ressaltado que nos três solos estudados os menores valores no teor de celulose foram observados nas árvores do solo AQ3 e naqueles com maiores níveis de severidade de cancro.

A fração de polissacarídeos da madeira é composta por celulose e hemiceluloses, que juntas formam a fração denominada holocelulose, a qual está envolta numa matriz de lignina (RAYNER; BODDY, 1988). As hemiceluloses são importantes compostos químicos presentes na polpa final. A presença das mesmas, dentro de certos limites, aumenta a facilidade de refinação das fibras e melhoram também as propriedades físicas do papel.

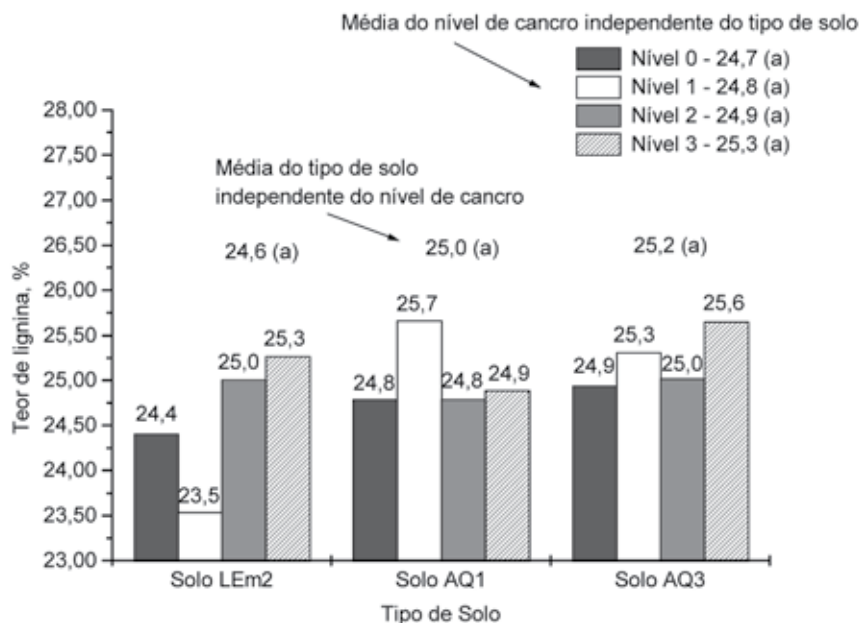


Figura 4. Teor de lignina na madeira em função do tipo de solo e nível de severidade do cancro basal. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figure 4. Wood lignin content in function of the soil type and basal canker severity level. Different letter indicate statistic differences by Tukey test at 5% significance.

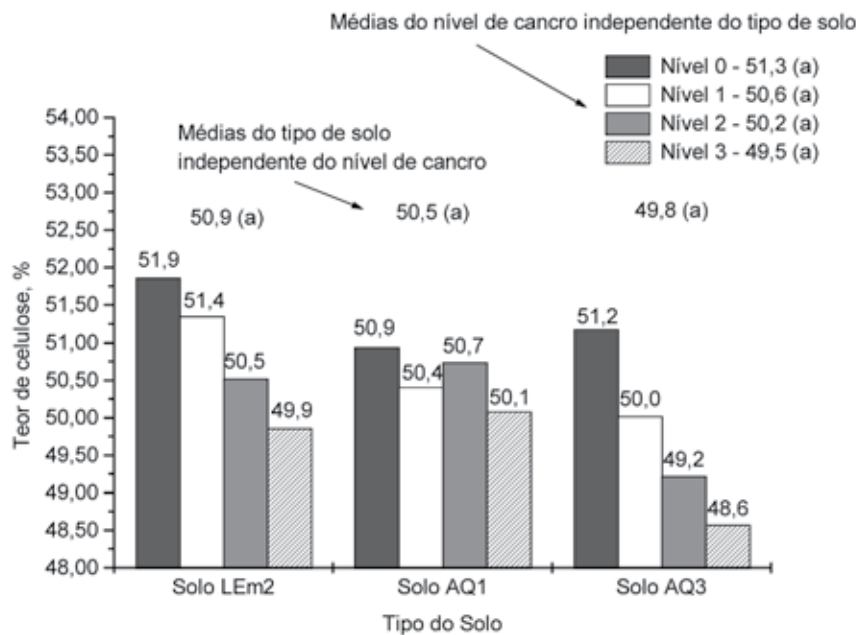


Figura 5. Teor de celulose na madeira em função do tipo de solo e nível de severidade do cancro basal. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figure 5. Wood cellulose content in function of the soil type and basal canker severity level. Different letter indicate statistic differences by Tukey test at 5% significance.

A Figura 6 apresenta os teores de holocelulose na madeira em função da textura do solo e níveis de severidade de cancro. Estes teores de holocelulose foram determinados por diferença e devem ser analisados com ressalvas, pois não foi levado em consideração o teor de lignina solúvel. O teor de holocelulose na madeira das árvores provenientes do solo LEm2 foi superior que as dos solos AQ1 e AQ3, nos diversos níveis de severidade de cancro basal. Os menores valores de holocelulose foram encontrados nas madeiras das árvores do solo AQ3. Independente do nível de severidade do cancro. O valor médio de teor de holocelulose nas madeiras das árvores em função do tipo de solo foi 72,8% (LEm2), 72,1% (AQ1) e 70,1% (AQ3). Tanto a holocelulose como a lignina é constituída exclusivamente de carbono, hidrogênio e oxigênio e servem como fonte de energia para o crescimento do fungo, dessa forma é possível explicar que nas árvores sadias o valor médio de holocelulose foi de 72,5%, com decréscimo para 70,7% no nível três de severidade, resultados semelhantes ocorreram com relação ao tipo de solo, sendo que no solo AQ3, a madeira apresentou o menor teor de holocelulose 70,1%.

Barreiros *et al.* (2002) avaliaram o menor custo no processo de polpação de 64 clones de *Eucalyptus grandis* e sugeriu os seguintes parâmetros para holocelulose, mínimo de 67,8%, máximo de 76,6%, média de 73,2%. No presente estudo, os valores de holocelulose apresentados foram superiores ao mínimo indicado, principalmente no

nível de severidade três do cancro basal. Quando se analisa uma madeira sadia e uma madeira atacada por fungos que consomem polissacarídeos, esta última apresentará teores maiores de extrativos totais e lignina porque as bases de partida da análise química das madeiras são diferentes.

Dessa forma, o manejo fitossanitário das árvores plantadas destinadas a produção de celulose kraft de qualidade é necessário, uma vez que, os polissacarídeos são fontes de energia disponível para os fungos causadores de doenças da madeira. Verifica-se que no nível três de severidade do cancro, a madeira apresenta baixo teor de holocelulose e celulose, quando comparado com o valor obtido nas árvores sadias.

Os resultados do rendimento bruto na polpação kraft das madeiras em função do tipo de solo e níveis de severidade de cancro estão apresentados na Figura 7. O rendimento bruto da polpação das árvores provenientes do solo arenoso AQ3 foi inferior que as dos solos LEm2 e AQ1 nos vários níveis de severidade de cancro basal. O valor médio de rendimento da polpação das árvores em função do tipo de solo, independente do nível de severidade de cancro, foi de 51,3% (LEm2), 51,4% (AQ1) e 49,4% (AQ3). O valor médio de rendimento da polpação, independentemente do tipo de solo, mostra decréscimo entre árvores sadias (51,1%) e nível 3 de severidade (50,1%). O teste de comparação de médias Tukey não mostrou diferenças significativas no nível de 5% de significância.

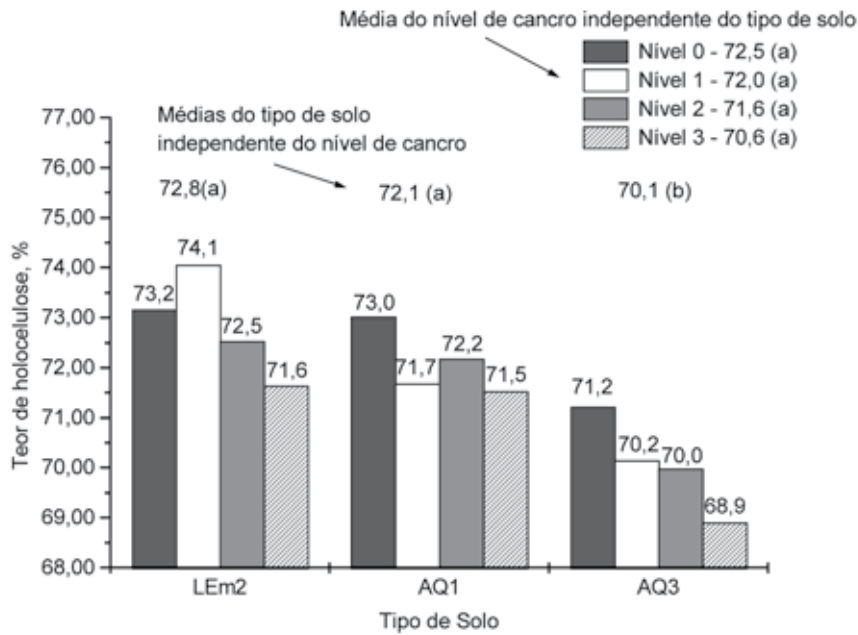


Figura 6. Teor de holocelulose na madeira em função do tipo de solo e nível de severidade do cancro basal. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figure 6. Wood holocellulose content in function of the soil type and basal canker severity level. Different letter indicate statistic differences by Tukey test at 5% significance.

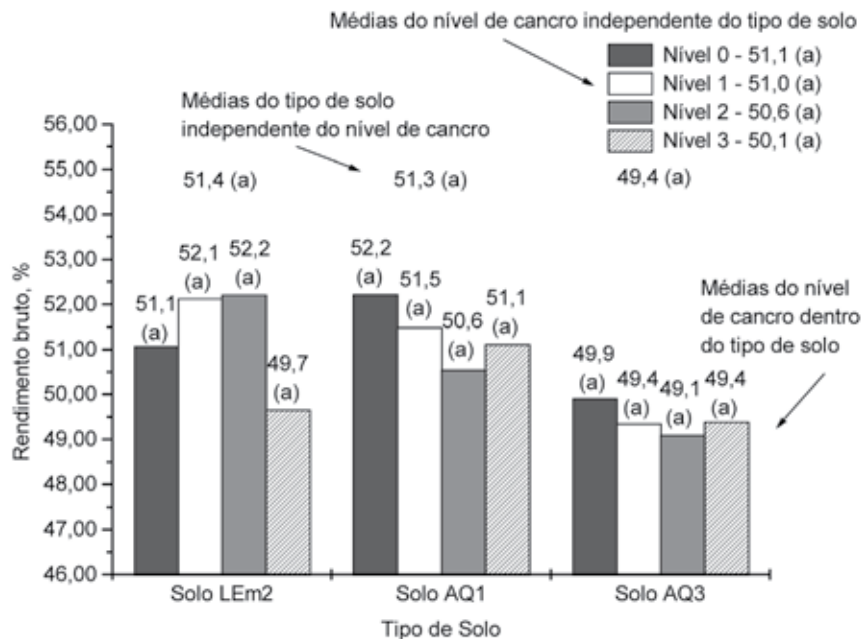


Figura 7. Rendimento bruto da polpação Kraft em função do tipo de solo e nível de severidade do cancro. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figure 7. Kraft pulping total yield in function of the soil type and basal canker severity level. Different letter indicate statistic differences by Tukey test at 5% significance.

O menor rendimento bruto da polpação das árvores provenientes do solo AQ3 pode ser atribuído a maior densidade básica da madeira (Figura 2), ao maior teor de extrativos totais (Figura 3), ao menor teor de celulose (Figura 5) e ao menor teor de holocelulose (Figura 6). A correlação positiva entre rendimento volumétrico com a densidade básica da madeira em eucaliptos foi observada por Foekel *et al.* (1974).

O número kappa é um método de determinação da lignina residual na celulose e quanto

mais elevado maior teor de lignina residual. Nesse estudo, os resultados do número kappa podem ser visualizados na Figura 8. O número kappa da polpa de árvores provenientes do solo argiloso-arenoso LEm2 foi inferior que as dos solos arenosos AQ1 e AQ3. O valor médio de número kappa da polpa em função do tipo de solo foi de 21,5 (LEm2), 23,6 (AQ1) e 24,7 (AQ3). A densidade básica e teor de lignina na madeira são as variáveis mais importantes que influenciam no grau de deslignificação

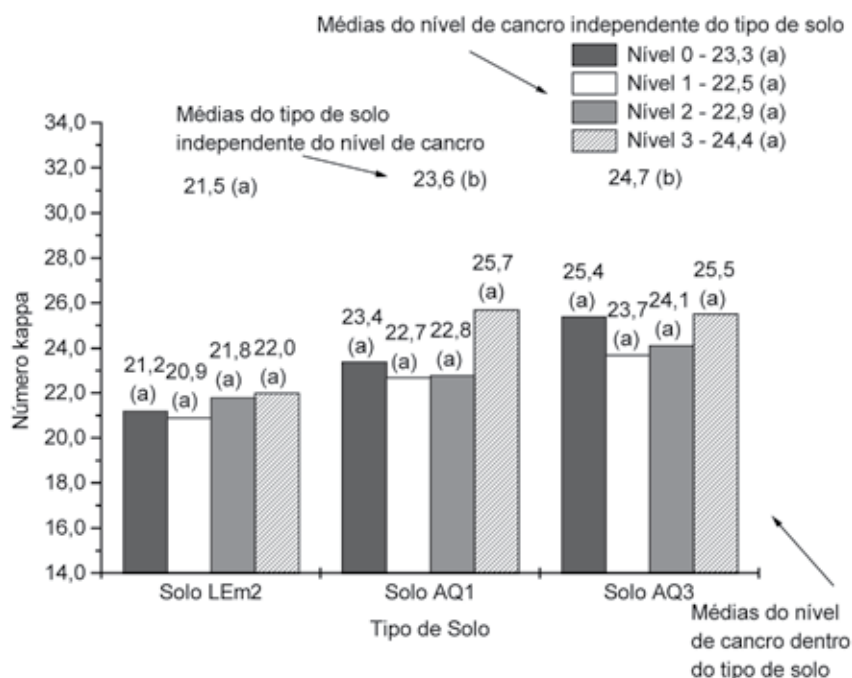


Figura 8. Número kappa da polpa em função do tipo de solo e nível de severidade do cancro. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figure 8. Pulp kappa number in function of the soil type and basal canker severity level. Different letter indicate statistic differences by Tukey test at 5% significance.

da polpação. Então, o menor número kappa da polpa das árvores do solo LEm2 pode ser atribuído a menor densidade básica destas árvores (Figura 2) e ao menor teor de lignina (Figura 4). Se as celuloses produzidas fossem comparadas em mesmo grau de deslignificação, as madeiras das árvores provenientes dos solos AQ1 e AQ3 necessitariam de maior carga de reagentes químicos na polpação e os rendimentos do processo destas seriam inferiores que os mostrados na Figura 7. O valor médio de número kappa, independentemente do tipo de solo, mostra ligeira elevação entre árvores sadias (23,3%) e árvores com nível de severidade 3 (24,4%).

CONCLUSÕES

O volume das árvores amostradas com casca decresceu significativamente com a elevação do nível de severidade de cancro basal (0, 1, 2 e 3).

As madeiras de árvores do solo AQ3 (10 a 15% de argila) apresentaram maiores valores de densidades básicas, extrativos totais, lignina e menores teores de celulose e holocelulose. As polpas kraft derivadas destas madeiras mostraram menores rendimentos brutos e maiores números kappa. Estes resultados permitem afirmar que a textura do solo exerce influência nas propriedades da madeira e conseqüentemente na polpação kraft.

As árvores do solo LEm2 (26 a 35% de argila) apresentaram menores valores de densidades básicas, extrativos totais e lignina, assim como, teores de celulose e holocelulose maiores. Na polpação kraft obteve-se rendimento bruto maior e número kappa menor.

O nível de severidade 3 do cancro basal foi o que mais influenciou nas propriedades da madeira de *E. grandis* e contribuiu para o aumento da densidade básica, teores de extrativos totais e lignina, reduziu os teores de celulose e holocelulose nas madeiras. Na polpação kraft obteve-se menor rendimento bruto e maior número kappa.

A textura do solo influencia na severidade do cancro do eucalipto e esse fato deve ser considerado quando se avaliam as propriedades da madeira e seu destino final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. Normas técnicas - Norma ABTCP M14/70: Densidade básica da madeira, Norma ABTCP M14/70. São Paulo, 1974.

BARREIROS, R.M.; GARCIA, J.N.; CAIXETA FILHO, J.V.; SANSÍGOLO, C.A. Modelo de otimização para seleção de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. Scientia Forestalis, Piracicaba, n.61, p.25-39, jun.2002.

- BARRETO, R. W.; ROCHA, F. B.; FERREIRA, F. A. First record of natural infection of *Marlierea edulis* by the *Eucalyptus* canker fungus *Chrysophorte cubensis*. *New Disease Reports. Plant Pathology*, Loughborough, v.55, n. 4, p.577-577, 2006.
- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO J. O. Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para produção de celulose sulfato branqueada. *Revista IPEF*, Piracicaba, n.13, p.9-38, 1976.
- BASSA, A. **Processo de polpação Kraft convencional e modificado de madeiras de *E. grandis* e híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*)**. 2002. 103p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.
- BRACELPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Anuário estatístico**. São Paulo: Bracelpa, 2009. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/rel2009.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2010.
- BRUNER, S. **Enfermedad gangresosa de los eucaliptos**. Boletim n° 37, Cuba: Estacion Experimental Agronomica Santiago de las Vegas, 1916, 38 p.
- COLLINS, D.J.; PILOTTI, C.A.; WALLIS, A.F.A. Correlation of chemical composition and Kraft pulping properties of some papua, New Guinea reforestation woods. *Appita Journal*, Melbourne, v.43. n.3, p.193-198, 1990.
- DAVISON, E. M; TAY, F. C. S. Twing branch and upper trunk cankers of *Eucalyptus marginata*. *Plant Disease*, St. Paul, v.67, p.123-128, 1983.
- GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L.; OLIVEIRA, R.C.; SILVA, C.M. Caracterização tecnológica para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa, v.29, n.1, p.129-137, 2005.
- GONÇALVES, J. L. M.; VALERI, S. V. Micronutrientes para culturas: eucalipto e pinus. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P; VAN REIJ, B; ABREU, C. A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 200. p.393-423.
- FERRARI, M.P.; COUTO, H.T.Z. Avaliação de perdas em rendimento de madeiras devido ao cancro do *Eucalyptus* causado por *Chrysophorte cubensis* (Bruner) Hodges. *Revista IPEF*, Piracicaba, v.27, p.9-15, 1984.
- FERREIRA, F. A. **Patologia florestal: principais doenças florestais do Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570p.
- FOELKEL, C.E.B. Rendimento em celulose sulfato de *Eucalyptus* spp em função do grau de deslignificação e da densidade da madeira. *Revista IPEF*, Piracicaba, n.9, p.61-77, 1974.
- FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C.; ANDRADE, J.O.M. Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* afetados por cancro. *O Papel*, São Paulo, v.37, n.12, 1976.
- FURTADO, E.L. **Material didático**. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/intranet/furtado.pdf>>. Acesso em: 20 Set. 2006.
- HODGES, C.S.; ALFENAS, A.C.; FERREIRA, F. A. The conspecificity of *Cryphonectria cubensis* and *Endothia eugeniae*. *Mycologia*, Corballis v.78, n.3, p.343-350, 1986.
- HODGES, C.S.; GEARY, T.F.; CORDELL, C.E. The occurrence of *Diaporthe cubensis* on *Eucalyptus* in Florida, Hawaii, and Puerto Rico. *Plant Disease Reporter*, Champaign, v.63, n.3, p.216-220, 1979.
- KRUGNER, T.L; AUER, C.G. Doenças dos Eucaliptos. In: KIMATI, H.; AMORIN, L; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 4aed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v.2, p.320-333.
- LONGUE JÚNIOR, D.L; COLODETTE, J.L; GOMES,F.J.B.; ANDRADE, M.F. Efeito dos sólidos dissolvidos da madeira no desempenho do processo kraft. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.37, n.84, p.405-13, 2009.
- MYBURG, H.; GRYZENHUUT, M; WINGFIELD, B. D; WINGFIELD, M. J. Conspecificity of *Endothia eugeniae* and *Cryphonectria cubensis*: a re-evaluation based on morphology and DNA sequence data. *Mycoscience*, New York, v.44, p.187-196, 2003.
- OLD, K. M.; GIBBS, R.; CRAIG, I.; MYERS, B. J.; YUAN, Z. Q. Effect of drought and defoliation on the susceptibility of *Eucalyptus* to cankers caused by *Endothia gyrosa* and *Botryosphaeria ribis*. *Australian Journal of Botany*, Collingwood, v.38, p.571-581, 1990.
- OLD, K.M.; WINGFIELD, M.J; YUAN, Z.Q. **A Manual of Diseases of Eucalypts in South-East Asia**. Bogor: Center for International Forestry Research, 2003. 106p.

- OLIVEIRA, R. R.; FURTADO, E. L. **Relatório de Iniciação científica**. Botucatu: PIBIC/FCA/UNESP, 2000.
- PÉREZ-VERA, O.A.; YAÑEZ-MORALES, M.J.; ALVARADO-ROSALES, D.; CIBRIÁN-TOVAR, D.; Y GARCÍA-DÍAZ, S. E. Fungos associados a eucalipto, *Eucalyptus grandis* Hill: Maid. **Agrociencia**, Montevideu, v.39, p.311-318, 2005.
- RAYNER, A. D. M.; BODDY, L. **Fungal decomposition in wood: it is biology and ecology**. New York: John Wiley, 1988. 587p.
- RODAS C. A.; GRYZENHOUT, M.; MYBURG, H.; WINGFIELD, B. D.; WINGFIELD, M. J. Discovery of the *Eucalyptus* canker pathogen *Chrysosporthe cubensis* on native *Miconia* (Melastomataceae) in Colombia. **Plant Pathology**, Loughborough v.54, p.460-470, 2005.
- SANTOS, C.R.A. **Métodos não convencionais para determinação de celulose como parâmetro de seleção de árvores matrizes visando a produção de polpa kraft-AQ**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2000.
- SEIXAS, C. D. S.; BARRETO R. W.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, F. A *Cryphonectria cubensis* on an indigenous host in Brazil: a possible origin for *Eucalyptus* canker disease. **Mycologist**, Manchester, v.18, p.39-45, 2004.
- SHEARER, B. L.; TIPPETT, J. Y.; BARTLE, J. R. *Botryosphaeria ribis* infection associated with death of *Eucalyptus radiata* in species section trials. **Plant disease**, St. Paul, v.71, p.140-145, 1987.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; KRUGNER, T. L.; SILVEIRA, R. I.; GONÇALVES, A. N. Efeito do boro na suscetibilidade de *Eucalyptus citriodora* a *Botryosphaeria ribis* e *Lasiodiplodia theobromae*. **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, v.21, n.4, p.482-485, 1996.
- TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Norma TAPPI T 12 wd-82. Preparation of wood for Chemical**. Atlanta, 1999.
- TAPPI.- TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Norma TAPPI T 222 om-98. Acid-Insoluble Lignin in Wood and Pulp**. Atlanta, 1999.
- TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Norma TAPPI T 236 cm-85. Kappa Number of Pulp**, Atlanta, 1999.
- TRUGILHO, P.F.; BIANCHI, M.L.; GOMIDE, J.L.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M.; MORI, F. Clones de *Eucalyptus* versus a produção de polpa celulósica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.2, p.145-155, 2005.
- TRUGILHO, P.F.; BIANCHI, M.L.; ROSADO, S.C.S.; LIMA, J. T. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.73, p.55-62, 2007.
- VALENTE, C.A.; SOUZA, A.P.M.; FURTADO, E.P.; CARVALHO, A.P. Improvement program for *Eucalyptus globulus* at Portucel: Technological component. **Appita Journal**, Melbourne, v.45, n.6, p. 403-407, 1992.
- WINGFIELD A. J. Increasing threat of diseases to exotic plantation forests in the Southern Hemisphere: lessons *Cryphonectria canker*. **Australasian Plant Pathology**, Hobart, v.32, p.133-139, 2003.
- WRIGHT, P.J.; WALLIS, A.F.A. Rapid determination of cellulose in plantation eucalypt woods to predict kraft pulp yields. **TAPPI Journal**, Atlanta, v.81, n.2, p.126-130, 1988.

Recebido em 14/09/2009

Aceito para publicação em 23/07/2010

