

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL E DANOS DO CANCRO BASAL EM**  
*Eucalyptus grandis.*

**SANDRA ELIZABETH DE SOUZA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP - Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU-SP  
Dezembro de 2007

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL E DANOS DO CANCRO BASAL EM**  
*Eucalyptus grandis.*

**SANDRA ELIZABETH DE SOUZA**

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Furtado

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia (Proteção de Plantas)

BOTUCATU-SP  
Dezembro 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S729d Souza, Sandra Elizabeth de, 1959-  
Dinâmica espaço-temporal e de danos do cancro basal em *Eucalyptus grandis* / Sandra Elizabeth de Souza. - Botucatu : [s.n.], 2007.

xii, 160 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2007

Orientador: Edson Luiz Furtado

Inclui bibliografia

1. Cancro (Fitopatologia). 2. Eucalipto. 3. Epidemiologia. 4. Madeira - Química. I. Furtado, Edson Luiz. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

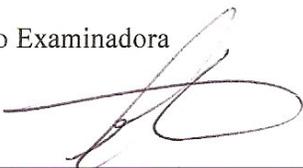
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL E DANOS DO CANCRO BASAL  
EM Eucalyptus grandis"

ALUNA: SANDRA ELIZABETH DE SOUZA

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO

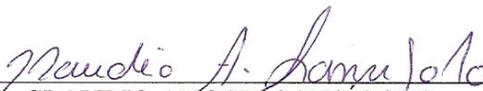
Aprovado pela Comissão Examinadora



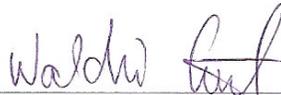
PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO



PROF.ª DR.ª MARLI TEIXEIRA DE ALMEIDA MINHONI



PROF. DR. CLAUDIO ANGELI SANSÍGOLO



PROF. DR. WALDIR CINTRA DE JESUS JUNIOR



PROF. DR. CELSO GARCIA AUER

Data da Realização: 17 de dezembro 2007.

## Ao DEUS TRIUNO

Habite ricamente em vós a palavra de Cristo; instruí-vos e aconselhai-vos mutuamente em toda a sabedoria, louvando a Deus, com salmos e hinos e cânticos espirituais, com gratidão, em vossos corações.

E tudo o que fizerdes, seja em palavras, seja em ação, fazei-o em nome do Senhor Jesus, dando por ele graças a Deus Pai. (Cl 3: 16, 17)

**DEDICO**

À minha família, sempre presente em minha vida.

Filhos:

Luise Maria Souza, Sandra Máira Souza e Luiz H. Souza Junior

País:

Aniceto Sousa Cabral (*in memoriam*) e Maria Benícia do Amaral

Irmãos:

José Benício e Claudite

Cunhados:

José Silvestre Pereira (*in memoriam*)

Gilvanda Felício

Sobrinhos:

Jovan, Getro, Joabe, Cláudia, Mirian, Jonatan, Matheus, Orachio, Erashito,  
Mariana

Tios:

Adauto Sousa Cabral e Alzira Cabral

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, pela oportunidade oferecida para a realização do Curso de Pós-Graduação.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/UNESP – Campus de Botucatu, pela oportunidade concedida para a realização desse curso.

Ao Prof. Dr. Edson Luiz Furtado do Departamento de Produção Vegetal da FCA/UNESP – Campus de Botucatu, a minha gratidão pela orientação, amizade e desde já pela parceria em trabalhos futuros.

Ao Prof. Dr. Cláudio Angeli Sansígolo do Departamento de Ciências Florestais da FCA/UNESP – Campus de Botucatu, pelas sugestões na concretização desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Waldir Cintra de Jesus Junior do Departamento de Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, pelas consultas na execução desse trabalho e pelas palavras de otimismo.

Ao Prof. Dr. Celso Garcia Auer da Embrapa Florestas, pelas valiosas sugestões na elaboração desse trabalho.

À Profa. Dra. Marli Teixeira de Almeida Minhoni, pela amizade e valiosas contribuições na elaboração desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Maringoni, ex. Coordenador do curso de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da FCA/UNESP e a todos os demais Professores, a nossa gratidão.

Ao Prof. Dr. Nilton Luiz de Souza (*in memoriam*), ex-Coordenador do curso de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da FCA/UNESP, o nosso carinho.

Aos Pesquisadores do IAC – Instituto Agrônomo de Campinas: Dr. Luiz Carlos Fazuoli, Dra. Masako Toma-Braghini e o Dr. Bernardo van Raij, pelo apoio que nos foi dado.

A todos os funcionários do Departamento de Produção Vegetal (DDF), da FCA/UNESP – Botucatu, pelo apoio que nunca nos faltou.

Aos funcionários da Biblioteca da FCA/UNESP, pelos importantes serviços prestados durante a realização do curso.

A Empresa Votorantim Celulose e Papel (VCP), pelo apoio logístico de parte desse trabalho.

Ao Eng<sup>o</sup> Florestal Rodrigo Rocha Oliveira, pela contribuição na primeira fase desse trabalho.

Aos funcionários da Sessão de Pós-Graduação pelo pronto atendimento e esclarecimentos prestados durante a realização do curso.

Aos colegas de Pós Graduação, Martha Passador, Julio, Renata, Caroline, Tadeu, Márcia, Alnilza e Michelli, pela amizade e estímulo.

Aos colegas do Departamento de Fitotecnia e Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em especial ao Prof. Arminio Santos, pela amizade e disposição em substituir na disciplina Fitopatologia I do curso de Agronomia.

As amigas, Zilda Angélica, Rosana Tinoco, Lúcia Scheff, Carla Pegorari, Maria Alice e Mali Varoli, a minha gratidão.

E finalmente agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

1	RESUMO GERAL .....	1
2	SUMMARY .....	3
3	INTRODUÇÃO .....	5
4	REVISÃO DE LITERATURA .....	7
	CAPÍTULO I .....	20
	Dinâmica espacial do cancro basal em <i>Eucalyptus grandis</i> .....	21
	RESUMO .....	21
	ABSTRACT .....	22
	INTRODUÇÃO.....	23
	MATERIAL E MÉTODOS .....	26
	Caracterização das áreas de estudo .....	26
	Monitoramento do cancro basal em campo .....	27
	Índice de Dispersão (ID) .....	27
	Lei de potência binária .....	29
	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
	Índice de dispersão (ID) .....	30
	Lei de potência binária .....	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35
	CAPÍTULO II .....	51
	Análise da dinâmica e estrutura de focos do cancro basal em <i>Eucalyptus grandis</i> . .....	52
	RESUMO .....	52
	ABSTRACT .....	53

INTRODUÇÃO.....	55
MATERIAL E MÉTODOS .....	58
Caracterização das áreas de estudo .....	58
Monitoramento do cancro basal em campo .....	59
Análise da dinâmica de focos do cancro basal .....	60
Análise da estrutura de focos do cancro basal .....	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	62
Análise da dinâmica de focos .....	62
Análise da estrutura de focos .....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69
CAPÍTULO III .....	85
Dinâmica temporal e quantificação de danos do cancro basal em <i>Eucalyptus grandis</i> . .....	86
RESUMO .....	86
ABSTRACT .....	86
INTRODUÇÃO .....	87
MATERIAL E MÉTODOS .....	90
Caracterização das áreas de estudo .....	90
Monitoramento da severidade cancro basal em campo .....	91
Quantificação de danos no rendimento da madeira em relação aos níveis de severidade do cancro basal .....	92
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	93
Monitoramento da incidência e severidade do cancro basal .....	93
Área abaixo da curva de progresso da doença .....	94
Avaliação dos danos do cancro basal no volume da madeira de <i>E. grandis</i> .....	96

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	99
CAPÍTULO IV .....	111
Influência do cancro basal de <i>Eucalyptus grandis</i> na qualidade da madeira.....	112
RESUMO .....	112
ABSTRACT .....	113
INTRODUÇÃO .....	114
MATERIAL E MÉTODOS .....	117
Caracterização das áreas de estudo .....	117
Monitoramento da incidência e severidade do cancro .....	118
Amostragens das árvores para avaliação dos parâmetros de qualidade.....	118
Caracterização das madeiras das árvores .....	119
Polpação Kraft da madeira .....	119
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	120
Influência do cancro basal no volume da árvore e densidade básica média da árvore .....	120
Volume da árvore com casca .....	120
Densidade básica média .....	121
Influência do nível de severidade do cancro basal na composição química da madeira .....	123
Teor de extrativos totais na madeira .....	123
Teor de lignina na madeira .....	124
Teor de celulose na madeira .....	125
Teor de holocelulose na madeira .....	125

Influência do nível de severidade do cancro basal na polpação .....	127
Rendimento bruto .....	127
Número kappa .....	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	129
5 CONCLUSÕES GERAIS .....	143
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS .....	144

## 1 RESUMO

Em três povoamentos de *Eucalyptus grandis* na região norte do Estado de São Paulo, foi realizado um estudo com objetivo de conhecer a dinâmica espaço-temporal do cancro basal, quantificar os danos no volume e efeito na qualidade da madeira. Foram instaladas nove parcelas de 7500 m<sup>2</sup>, com 1000 árvores de *E. grandis*, procedência Santa Rita do P. Quatro-SP, origem Coffs Harbour, dos plantios seminais em solos de areia franca AQ1, AQ3 (10 a 15% de argila) e textura franco-argila-arenosa LEm2 (26 a 35% de argila). As avaliações foram realizadas em nove mil árvores com idade de dois anos. A incidência foi monitorada individualmente de acordo com a presença ou ausência da doença e a severidade, mediante o uso de uma escala diagramática de notas. Foram feitas avaliações nos anos 2000, 2001 e 2002, o que gerou 26 mapas de evolução da doença. Os resultados permitiram concluir que: (1) A incidência média do cancro basal foi influenciado pelo tipo de solo AQ3 (0,25%), AQ1 (0,21%) e LEm2 (0,09%); (2) Os valores do índice de dispersão (ID) foram > 1, para os tamanhos de quadrat 2x4, 5x2, 5x4 e 5x10; os valores de  $\log(A) = \log(V_{obs})$  e  $\log(b) = \log(V_{bin})$  foram maiores que 1 e diferentes de zero, sugerindo uma tendência à agregação independente do tipo de solo; (3) 54,6% dos focos foram unitários, indicando que o cancro basal inicia-se com focos de apenas uma árvore; 80,8% dos focos apresentam maior comprimento na direção entre as linhas de plantio do que na direção da linha; focos maiores ocorreram no solo AQ3, que apresentaram-se menos compactos; a disseminação do cancro

nesses povoamentos parece ter sido via sementes através das mudas; 89,1% dos mapas apresentaram focos com tamanho médio inferior a 10 árvores, no solo AQ3 em 10,9% dos focos o tamanho variou entre 11 a 30 árvores e nenhum foco foi formado acima de 30 árvores; os valores de índice de compactação de focos (ICF) e índice de compactação de focos não unitários (ICFNU) não foram distantes de 1,0 e corrobora com o resultado de que o cancro basal tem uma tendência à agregação; (4) o progresso da doença dá-se preferencialmente em função de um lento aumento em severidade do que em incidência, o maior valor da Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) ocorreu no solo AQ3; (5) o modelo de regressão linear simples possibilitou o ajuste adequado aos dados na análise da relação entre os níveis de severidade e a redução no percentual de volume da madeira, diâmetro à altura do peito (DAP) e altura da árvore; (6) o solo AQ3 apresentou maior densidade básica, extrativo total, lignina, número kappa e menores teores de holocelulose, celulose e rendimento; o solo LEm<sub>2</sub> apresentou madeiras com menor densidade básica, extrativo total, lignina, número kappa, maior holocelulose e celulose. (7) o nível de severidade 3 do cancro basal foi o que mais influenciou nas características químicas da madeira de *E. grandis* e contribuiu para o aumento da densidade básica, extrativo total, lignina e reduziu os valores de holocelulose, celulose e rendimento na polpação kraft.

---

Palavras-chave: epidemia, análise espaço-temporal, agregação, *Eucalyptus grandis*, cancro basal, química da madeira.

**SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS AND OF EUCALYPTUS CANKER DAMAGE**  
*Eucalyptus grandis*. Botucatu, 2007. 160p. Dissertation (Doctoral degree in Agronomy/Plant Protection) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: SANDRA ELIZABETH DE SOUZA

Adviser: EDSON LUIZ FURTADO

## **2 SUMMARY**

A study was carried out in three *Eucalyptus grandis* stands in the northern region of the State of São Paulo, in order to provide information on the spatio-temporal dynamics of eucalyptus canker, evaluate volume losses, and determine the effect of the disease on wood quality. Nine 7500 m<sup>2</sup> plots (10×100) containing 1000 *E. grandis* trees from Santa Rita do P. Quatro-SP (origin: Coffs Harbour), in seed plantations on soils classified as loamy sands, AQ1 and AQ3 (10 to 15% clay), and on a silty-clay-loam-textured soil, LEm2 (26 – 35% clay). Evaluations were made in nine thousand two-year-old trees. Incidence was monitored individually according to the presence or absence of the disease. Severity was evaluated through the use of a diagrammatic rating scale. Evaluations were made in 2000, 2001, and 2002, and 26 disease progress maps were generated. The results allowed us to conclude that:

- (1) The mean incidence of eucalyptus canker followed a trend that matched the soil types:

AQ3 (0.25%), AQ1(0.21.%), and LEm2 (0.09%); (2) The ID values were  $> 1$  for quadrat sizes equal to  $2 \times 4$ ,  $5 \times 2$ ,  $5 \times 4$ , and  $5 \times 10$ ; The  $\log(A) = \log(V_{obs})$  and  $\log(b) = \log(V_{bin})$  values were higher than 1 and different from zero, suggesting a tendency for aggregation, regardless of soil type; (3) 54.6% of the foci were single-unit, indicating that eucalyptus canker starts with single-tree foci; 80.8% of the foci had greater lengths between planting rows than along the rows; larger foci occurred in the AQ3 soil, which were less compact; canker dissemination in those stands seemed to have occurred via seeds through the seedlings; 89.1% of the maps had foci with mean sizes smaller than 10 trees in the AQ3 soil; in 10.9% of the foci the size ranged between 11 and 30 trees, and no focus formed at sizes above 30 trees; the ICF and ICFNU values were not close nor very far from 1.0, which corroborates the result that eucalyptus canker has a tendency for aggregation; (4) disease progress occurred preferentially as a function of a slow increase in severity rather than in incidence; variation was observed for the area under disease progress curve AACPD values; (5) the simple linear regression model allowed the data to be adequately fitted in the analysis of the relation between eucalyptus canker severity levels and the reduction in damage percentage on wood volume, diameter at breast height, and tree height; (6) the AQ3 soil had higher basic density, total extractives, lignin, and kappa number, and lower holocellulose and cellulose contents and yield; the LEm<sub>2</sub> soil showed woods with lower basic density, total extractives, lignin, and kappa number, and higher holocellulose and cellulose contents. (7) eucalyptus canker severity level 3 had the greatest influence on the chemical characteristics of *Eucalyptus grandis* wood, and contributed toward increased basic density, total extractives and lignin, and reduced cellulose and holocellulose values and yield during Kraft pulping.

---

Keyword: epidemics spatial analysis, aggregation, *Eucalyptus grandis*, eucalyptus canker, wood chemistry.

### 3 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é a nação mais competitiva para a produção de madeira por meio de florestas plantadas, que já atingem 6,5 milhões de hectares distribuídos em 19 Estados da Federação, sendo os principais produtores Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul e Espírito Santo. O agronegócio florestal tem participação equivalente a 4% do produto interno bruto (ABRAF, 2007).

As espécies mais plantadas nos maciços florestais do Brasil são *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e os seus híbridos interespecíficos, com produção final diversificada e, em especial, a produção de celulose e papel que, no Brasil, atingiu 11.100 milhões de toneladas seguidos de 8.750 milhões de toneladas de papel, posicionando-se no 6º e 11º lugar, no respectivo mercado internacional (Bracelpa, 2007).

O crescimento da produção leva a expansão de florestas plantadas, com materiais mais produtivos sem prévio conhecimento de sua resistência. A implantação de novas técnicas de manejo e os ciclos sucessivos numa mesma área de plantio têm favorecido o surgimento de várias epidemias, cujos agentes etiológicos encontravam-se endemicamente presentes (Alfenas & Zauza, 2007).

Entre as doenças de ocorrência em campo, o cancro do eucalipto, merece destaque pelos prejuízos causados na década de 1970 que, somados a necessidade de maior homogeneidade nos plantios, motivou o desenvolvimento da clonagem por estaquia de

eucalipto no Brasil, tida como referência mundial no controle de doenças de espécies arbóreas (Alfenas et al., 2004).

O cancro basal em *Eucalyptus* spp., é uma doença importante no Brasil e na África do Sul, havendo relatos de ocorrência no México, Europa, China e Austrália (Davison & Tay, 1983; Shearer et al., 1987; Old et al, 1990; Pérez-Vera et al., 2005). Portanto, trata-se de uma doença de ampla distribuição geográfica (Krugner & Auer, 2005).

O monitoramento sistemático da doença no campo é necessário para minimizar as eventuais perdas causadas pelo cancro em plantios comerciais. Assim, a pesquisa pode aplicar o conhecimento da epidemiologia desde os trabalhos de Vanderplank (1963) até os atuais disponíveis, que tratam das populações de plantas, dos patógenos e sua dinâmica espaço-temporal, resultado das interações dos fatores do ambiente e da interferência das atividades do homem (Vale et al., 2004).

O que evidencia a importância de se estudarem padrões espaço-temporal da incidência de doenças em povoamento florestais. Nesse contexto, os objetivos desse trabalho foram estudar em três povoamentos de *Eucalyptus grandis*, da região norte do Estado de São Paulo: (1) dinâmico espaço-temporal do cancro basal; (2) quantificar os danos em relação à severidade do cancro basal; (3) determinar a influência do cancro basal, em variáveis de qualidade da madeira para a produção de polpa kraft.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### Características gerais do eucalipto

As árvores de eucalipto são predominantes da flora australiana, estendendo-se desde as áreas sub-alpinas, as florestas úmidas costeiras, as florestas temperadas até a zona mais árida do país. As espécies tiveram origem em regiões do Timor, Indonésia, Papua Nova Guiné, Molucas, Irian Java e Sul das Filipinas, mas confinadas predominantemente ao continente Australiano, na faixa latitudinal entre 9°N e 45° s, encontrando-se amplamente distribuídas entre as altitudes de 30m a 2000m (Embrapa, 1986).

O gênero está subdividido, taxonomicamente, em oito sub-gêneros informais. O sub-gênero *Symphomyrtus* é o grupo que apresenta a maior parte das espécies cultivadas no mundo e apresenta nove seções, das quais três contém praticamente todas as espécies mais cultivadas como exóticas: Seção *Transversaria* (*Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*); Seção *Exsertaria* (*E. camaldulensis*, *E. exserta*, *E. tereticornis*); Seção *Maidenaria* (*E. globulus*, *E. viminalis*). Assim, o eucalipto compreende todas as plantas do gênero *Eucalyptus*, com 500 espécies descritas, além de muitas subespécies e alguns híbridos naturais (Brooker & Kleining, 1990).

Na região de ocorrência natural do *E. grandis*, em Queensland Nova Galles do Sul, na Costa Leste da Austrália, o clima é subtropical úmido ao tropical úmido. A

precipitação pluviométrica média anual situa-se entre 1.000 a 3.500 milímetros, com maior concentração no verão; a estação seca não ultrapassa três meses. A temperatura média nos meses mais quentes situa-se entre 24° e 30°C, nos meses mais frios é de 3° a 8°C; nas áreas ao norte os valores variam de 29° a 32°C (Embrapa, 1986).

No Brasil, o eucalipto foi introduzido por Navarro de Andrade em 1909, quando os primeiros povoamentos florestais foram implantados na região de Rio Claro, São Paulo visando à produção de dormentes para a Companhia Paulista de Estrada de Ferro.

O *E. grandis* é uma das espécies mais plantadas, pela sua plasticidade genética, permite sua utilização na obtenção de híbridos e clonagem de árvores selecionada, é considerada uma das espécies mais versáteis e indicada para usos múltiplos (Mora & Garcia, 2000).

Os maciços de eucaliptos em plantações comerciais em várias partes do mundo devem-se ao seu rápido crescimento, a produção de fibra e polpa de madeira de qualidade elevada, sendo igualmente relevantes o baixo custo e os fatores que permitem até três rotações sucessivas e econômicas, com ciclo de até 21 anos (Ho et al., 1998).

A competitividade do Brasil frente aos demais países produtores de eucalipto deve-se ao clima tropical, somado a pesquisa na geração de tecnologias o que oferece ao agronegócio as seguintes vantagens: taxa de crescimento das espécies dez vezes maior que a do hemisfério norte; disponibilidade de áreas para plantios; domínio tecnológico; facilidade de acesso marítimo; gestão profissional e mão de obra qualificada para as indústrias, que podem e devem elevar seu aproveitamento tecnológico e produtivo, através da introdução da atividade nas diversas regiões brasileiras com aptidão a eucaliptocultura intensiva (Roxo, 2003).

O eucalipto, como qualquer outra planta cultivada, é também afetada por doenças e pragas que, se não forem pesquisadas para definir estratégias de controle, podem comprometer a produtividade e a qualidade do produto final (Ferreira, 1989).

Dessa forma, as espécies híbridas entre *E. grandis* x *E. urophylla*, comumente chamados “urograndis” que, pela sua variabilidade fenotípica, têm sido utilizadas em novos maciços florestais, em razão do seu desenvolvimento em regiões tropicais, pela qualidade da madeira para carvão, celulose, serraria e pela sua resistência ao cancro (Ferreira 1989).

Inoculações artificiais em diferentes progênies de *E. grandis* x *E.urophylla* resultaram em distribuição continua quanto ao tamanho das lesões, apresentando desde

indivíduos imunes até indivíduos com lesões de até 60 cm, sugerindo ser a resistência ao patógeno uma característica quantitativa (Alfenas & Guimarães, 2007).

## **O cancro basal em eucalipto**

Os principais agentes causadores de cancro em eucaliptos são *Cryphonectria cubensis* (Bruner) Hodges (*Crysophorte cubensis*, sensu. Seixas, et al 2004; Old, et al 2003; Wingfield, 2003; Rodas et al., 2005; Barreto et al., 2006; alfenas, 2007), *Valsa ceratosperma* (Tode: Fr.) Maire, *Coniothyrium* spp., e o complexo *Botryosphaeria dothidea* (*Dothiorella* sp) e *Botryosphaeria rhodina* (*Lasiodiplodia theobromae*). Características morfológicas e ambientes favoráveis para ocorrência desses patógenos são apresentados nos trabalhos de Ferreira (1989), Auer (1993), Krugner & Auer (2005); Furtado (2006) e FAO (2007).

Em levantamento do cancro basal em *E. grandis* realizado na Flórida, os resultados indicaram que, apesar de 99% dos casos investigados mostrassem sinais de ataque de *Cryphonectria cubensis*, os autores fazem referência também a *Botryosphaeria dothidea* nas árvores que exibiam os sintomas (Barnard et al., 1987).

## **Agentes causadores de cancro basal**

### **Agente biótico**

Doença de ampla distribuição geográfica foi primeiramente relatada em Cuba (Bruner, 1916), sendo depois notificada no Suriname, Florida, Hawaii, Porto Rico (Hodges, 1979), Norte da África (Gibson, 1981) e Austrália (Davidson & Tay, 1986).

No Brasil o primeiro registro de "doença da casca" em eucaliptos foi feito pelo melhorista Krug em 1945, da Companhia Paulista de Estrada de Ferro, no município de Rio Claro, SP. Em 1964, Garcés observou uma "necrose da casca" na base de certas árvores de *Eucalyptus* spp., em Lagoa da Prata, MG a doença foi descrita como cancro do eucalipto, causada por *Cryphonectria cubensis* (Hodges, 1973).

Na década de 1970, o cancro de *C. cubensis* foi a enfermidade biótica mais importante da eucaliptocultura brasileira, com sérias epidemias relatadas nas regiões do Vale do Rio Doce, MG, Espírito Santo, Bahia e São Paulo (Ferreira,1989). Por ser uma doença típica de regiões tropicais, o cancro é epidemiologicamente importante em regiões onde a temperatura média, a maioria dos meses do ano, é superior a 23°C, e a precipitação média anual de 1200 mm, quando não são plantados procedências ou clones provenientes de *E. grandis* e *E. urophylla* resistentes á doença (Krugner & Auer., 2005; Hodges et al., 1976; Alfenas, 2007).

O cancro de *C. cubensis* é uma doença que ocorre em plantações jovens, inferior a um ano; o patógeno coloniza a casca, o cambio e às vezes o lenho, resulta no fendilhamento da casca desde a base como ao longo do tronco e entumescimento da área afetada, morte da planta por estrangulamento do colo, que apresenta coloração palha de sua folhagem. Em árvores jovens, a partir dos seis meses de idade, as lesões basais representam a grande maioria dos sintomas devido às minúsculas trincas naturais da casca próximas ao coleto (Ferreira, 1989; Krugner & Auer, 2005).

Em árvores com mais de um ano, o patógeno coloniza a casca e o câmbio que apresenta uma depressão. A lesão causa a morte dos tecidos e a casca rompe-se em tiras ocorre formação de um tecido caloso ao redor da lesão a qual pode se estender verticalmente pelo tronco e atingir 50% da sua circunferência formando o cancro típico. Nas lesões ocorrem a entrada de fungos oportunistas, apodrecedores e manchadores da madeira (Krugner & Auer., 2005).

### **Agentes abióticos**

Esse tipo de cancro tem sido um problema fitossanitário em maciços florestais implantados em solos de areia quartzosa e latossolo arenoso distrófico ou álico, sob condições de déficit hídrico e de fertilidade natural baixa, onde o boro e outros nutrientes ocorrem em níveis limitantes (Silveira et al., 1995; 1996). O fendilhamento da casca, seguido de gomose é comum em árvores de eucalipto que apresenta deficiência de boro nas folhas, inferior a 10 mg.Kg<sup>-1</sup> (Silveira et al, 1998).

Nesse ambiente é comum as árvores apresentarem na base do tronco uma lesão necrótica, seguida de rachaduras ao redor da lesão, tem-se secreção de exsudatos (polifénois), quino de cor vermelha a negro, resultante da necrose dos tecidos, que evoluem o cancro basal. Em ramos laterais da árvore pode ocorrer seca de ponteiros, assim, a nutrição predispõe as árvores ao desenvolvimento do cancro.

### **Cancro basal de *Botryosphaeria***

É uma doença caracterizada pela necrose dos ramos, que evolui da extremidade destes para os pontos de inserção de modo que os tecidos da casca e do lenho tornam-se escuros e secos, as folhas perdem a turgescência e secam (Krugner et al., 1973).

As lesões necróticas no tronco das árvores podem ser delimitadas pelo desenvolvimento do calo cicatricial, formando cancos típicos, ou se desenvolver em toda a circunferência do caule, resultando em secamento da parte superior da copa e, comumente, quebra do fuste pelo vento, na altura da região lesionada. Apesar de normalmente haver recuperação da árvore, com emissão de novos brotos a partir da área abaixo da lesão, ocorre bifurcação do tronco e sua conseqüente deformação. Ocorre também a formação de bolsas de quino, tanto na casca como no lenho que, ao extravasar seu conteúdo, criam o aspecto típico de uma gomose. Essa gomose, associada ou não aos cancos no tronco, pode continuar ocorrendo em árvores mais velhas, até o final do ciclo da cultura (Krugner & Auer, 2005).

Árvores que exibem esse quadro sintomatológico têm sido associadas a ocorrência de um complexo de fungos dos seguintes gêneros *Botryosphaeria ribis* Grossenb & Dugg (sin. *B. dothidea* (Moug. ex Fr.)Sis & de Not) e *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. & Maubl. (sin. *Botryodiplodia theobromae* Pat.), fase anamórfica *Dothiorella* sp., e *Phomopsis* sp. No Brasil *Botryosphaeria dothidea* tem apresentado maior agressividade em árvores predispostas a infecção (Silveira et al., 1996; 1998; Furtado 2005).

A ocorrência de *B. ribis* (var. *chromogena*.) causando die-back em eucalipto no Havaí, foi registrado por Magnani (1964). No Brasil o primeiro registro de *B. ribis* causando seca de ramos em *E. saligna*, foi no Estado Espírito Santo (Krugner et al., 1973).

Em registros de diagnose, seguidos de testes de patogenicidade, realizados nas amostras que chegam ao Laboratório de Fitopatologia Florestal da Faculdade de Ciências

Agronômicas da UNESP, tem sido constatado que *Dothiorella* sp. está associado à podridão de raiz em jardim clonal. Cancro basal e seca de ponteiros em árvores de até dois anos, nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Bahia (Furtado, E.L. comunicação pessoal), estudos visando o controle de *Dothiorella* sp., podem ser consultados em Colturato (2007); Silva (2007); Bocardo (2007).

O cancro basal de *B. dothidea* em eucaliptos tem tido importância relevante na África do Sul e Brasil, uma vez que os maciços florestais estarem implantados em solos arenosos, de baixa fertilidade, deficientes em boro, com ocorrência sazonal de déficit hídrico, o que resulta em menor disponibilidade do nutriente (Silveira 1996; 1998; 2003).

Cancro e seca de ponteiros foram identificados em árvores nativas de *Syzygium cordatum* na África do Sul, teste de patogenicidade em clones de *E. grandis* *E. camaldulensis* e *Syzygium cordatum* demonstram que *Botryosphaeria dothidea*, *Lasiodiplodia gonubiensis* e *L. theobromae*, de hospedeiros nativos, podem ser introduzidos nos eucaliptos desde que os fatores do ambiente sejam favoráveis a doença (Pavlic et al., 2007).

---

Furtado, E.L. Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu (dados não publicados).

## **Análise espacial de doenças de plantas**

O cancro do eucalipto é uma doença caracterizada pela morte dos tecidos da casca, decorrente da ação de vários agentes bióticos e abióticos. As condições do ambiente, onde estão implantados os maciços florestais, parecem ter uma participação maior ou menor na manifestação da doença, com ligação entre a incidência de certos cancrios e as condições adversas ao desenvolvimento da árvore. Dessa forma, estudar a epidemiologia do cancro baseado em uma dinâmica espaço – temporal, utilizando metodologias recentes, é necessária para o melhor entendimento dos fatores ambientais adversos, na incidência da doença em campo.

O padrão espacial da doença de plantas é definido por Gilligan (1983) como um arranjo ou posicionamento das plantas doentes, umas em relação às outras. Assim, em um estudo de padrão espacial o interesse está na localização das plantas doentes, que são os eventos observados, em uma determinada área, talhão, pomar ou povoamento florestal. A principal razão para o estudo de padrões espaciais de doenças no campo é que este expressa o processo de dispersão do patógeno (Hughes et al., 1997).

Conhecer as características de uma epidemia possibilita uma visão ampla da estrutura e do comportamento do patossistema ademais, informações podem ser extraídas nas análises espaço temporal dos dados, possibilitando entender a forma de como ocorre a dispersão do patógeno no campo o que resulta, em padrões espaciais de doença, conhecidos como regular, aleatório e agregado (Campbell & Madden, 1990).

No padrão espacial aleatório ou ao acaso, relaciona-se a patógenos dispersos pelo vento possui características de independência sobre as plantas, os dados de campo apresentam valores iguais para a média e a variância ( $\sqrt{\quad}$ ). Neste caso todas as plantas têm oportunidades iguais de infecção e a ocorrência da doença não é influenciada pela distância da fonte de inóculo. Não há correlação entre a localização da planta sintomática dentro da área (Madden et al., 1995).

O padrão de dispersão agregado indica uma superdispersão do patógeno que costuma ser disseminado por respingos de chuva. Nestes as análises dos dados apresentam valores da variância ( $\sqrt{\quad}$ ) maior que a média, os patógenos têm diferentes oportunidades de infecção e a ocorrência da doença é influenciada pela distância até a fonte de inóculo. Indica

também que há uma correlação entre as plantas sintomáticas dentro da área, havendo uma probabilidade elevada de que plantas doentes estejam próximas umas das outras (Madden et al., 1995).

A dispersão de um patógeno num padrão regular é bastante rara e indica uma subdispersão; os dados de doença apresentam valores de variância ( $\sqrt{V}$ ) menor que a média (Campbell & Madden, 1990; Bergamin Filho et al, 2004).

Na realidade, o processo na natureza não é tão simples assim, uma vez que a maioria dos patógenos possui mais de um mecanismo de dispersão tal como observado com a ferrugem amarela do trigo (*Puccinia striiformis* Westend.; Mulder & Booth) e a ferrugem do eucalipto (*Puccinia psidii*, Winter) disseminadas pelo vento. Na primeira é comum encontrar agregação em parcelas afetadas e a segunda, por sua vez, apresenta na linha de plantio o padrão aleatório no início da epidemia seguido de padrão agregado após esse período (Bergamin Filho et al, 2002; Santos, 2006).

A distribuição binomial de Poisson é um dos modelos apropriados para o estudo da representação de um padrão de dispersão aleatório, devido à igualdade dos valores da variância com a média.

O padrão de dispersão agregado pode ser calculado pelo método de índice de dispersão (ID), onde a variância da amostra é dividida pela média e o grau de significância é comparado pela tabela do ( $\chi^2$ ) qui-quadrado (Elliott, 1983). O índice de dispersão indica o grau de agregação espacial de uma determinada doença em uma população de plantas.

Para estimar o índice de dispersão, a distribuição binominal de Poisson, têm como princípio básico, de que a média é igual à variância, ou seja,  $E(x) = V(x) = \lambda$ , em que x é uma variável aleatória referente à contagem, ex: número de plantas doentes em quadrats e  $\lambda$  representa a intensidade da doença.

Para dados de contagem, a relação variância /média ( $\sqrt{M}$ ) é usualmente utilizada como uma medida de agregação, ou seja, assume-se que a localização aleatória de plantas doentes está associada à distribuição de Poisson.

Conclui-se que quando a  $\sqrt{M} = 1$ , a doença representa um padrão espacial aleatório; quando a  $\sqrt{M} > 1$  e  $\sqrt{M} < 1$  representam padrões espaciais agregados e regulares. O teste de ( $\chi^2$ ) qui-quadrado normalmente é utilizado na verificação da hipótese de que o índice de dispersão (ID) seja igual a 1 (Madden & Hughes, 1995; Bergamin Filho et al, 2002).

As pesquisas ao longo das últimas décadas têm desenvolvido vários métodos estatísticos para a caracterização de padrão espacial de doenças de plantas Chellemi et al., (1988), Campbell & Madden (1990), Hughes & Madden (1992; 1993), Nelson (1995), Ridout et al. (1999; 2000).

A metodologia do índice de dispersão apropriada para dados de incidência tem sido aplicada em alguns patossistemas: a mancha amarela da graviola causada pelo *Soursop yellow blotch vírus* – SYBV (Santos et al., 2003); a podridão branca da maçã causada por *Botryosphaeria dothidea* (Valdebenito-Sanhueza et al., 2005); pomares de pêra e apricot e o plum pox vírus, Gottwad et al (1995); na clorose variegada dos citros causada por *Xylella fastidiosa*, Laranjeira et al (2004); na meleira do mamoeiro, Vidal (2004); no *citrus leprosis vírus* (Cilv) e o vetor *Brevipalpus phoenicis*, Bassanezi & Laranjeira (2007).

### **Análise espacial de doenças de plantas através do método da dinâmica e estrutura de focos.**

A análise da dinâmica e estrutura de focos (ADEF) é uma técnica que pode ser utilizada em qualquer patossistema, para caracterizar espacialmente as epidemias cujas avaliações são baseadas na incidência (Nelson, 1996).

Pela ADEF, um foco de doença é definido, como um ponto de concentração localizada de plantas doentes ou lesões discretas, podendo ser uma fonte primária de infecção ou coincidir com uma área originalmente favorável ao estabelecimento da doença (Nelson, 1996)

Por esse método simples e de fácil uso pode-se fazer a caracterização de focos, em um povoamento florestal baseados em dados de incidência (ausência e presença da doença detectada pelos sintomas). Dessa forma, árvores com sintomas imediatamente adjacentes no padrão de proximidade vertical, horizontal ou diagonal constituem um foco e podem ser quantificados com facilidade e rapidez na execução da pesquisa (Nelson, 1996).

Dentro desse conceito, variáveis relacionadas podem ser definidas e seus valores calculados para o conhecimento da dinâmica espacial. Assim, o número de focos (N) é definido com o número total de focos de doença na matriz; “tamanho do foco” (NTF) é definido como o número de plantas doentes no foco (cada planta reunindo critério de

proximidade imediato); “dimensão do foco” é a distância máxima entre “linha” (nl) e “coluna” (nc) estendida pelo foco”.

Um “índice de compactação do foco” (ICF) pode ser usado como indicação da compactação da organização do foco em função da incidência da doença (Nelson, 1996). O valor do ICF é usado para caracterizar a compactação do grupo central (Nelson 1995). Como contribuição no aprimoramento do método foi introduzido a variável, “índice de forma de foco” (IFF =  $nl / nc$ ) (Laranjeira et al., 1998).

As diretrizes propostas por Nelson (1996), apresentam duas premissas: assume-se que dados primários (presença/ausência) são relevantes simplificações do sistema, distâncias entre linhas e entre plantas dentro da linha são assumidas como constantes, embora não sejam necessariamente iguais. Um programa de computador foi desenvolvido por Nelson (1996), com uma sub rotina para encontrar e descrever foco da doença em um espaço bidimensional.

No Brasil, a técnica da ADEF foi utilizada nos seguintes estudos: (1) clorose variegada dos citros (CVC), por Laranjeira et al (1998); (2) avaliação da incidência da CVC por sintomatologia e por sorologia (Nunes et al., 2001); (3) diferenças dos padrões espaciais das plantas com cancro cítrico na presença ou ausência da larva minadora dos citros *Phyllocnistis citrella* Stainton (Bergamin Filho et al., 2001) e (4) dinâmica e estrutura de focos da morte súbita dos citros (MSC) em pomares do norte de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro (Jesus Junior & Bassanezi, 2004).

No Brasil, os solos de baixa fertilidade natural, como areia quartzosa e latossolo arenoso distrófico ou álico, têm sido destinados às florestas plantadas com eucaliptos, onde os nutrientes, com ênfase ao boro, ocorrem em níveis limitantes. Dessa forma, o estado nutricional das árvores também afeta o desenvolvimento do cancro e tem tido impactos relevantes causando morte de árvores novas no campo. Portanto, estudos de análise espaço-temporais nesse ambiente podem trazer novos conhecimentos, da evolução dessa doença para a atividade florestal no Brasil.

## **Análise temporal de doenças de plantas**

A análise temporal pode ser entendida como a evolução da interação entre os componentes do patossistema, estabelecida por dados cumulados de incidência e severidade e retratada pela curva de progresso da doença (Vanderplank, 1963).

A curva de progresso de uma doença é expressa através do sistema cartesiano, onde cada valor de intensidade da doença avaliado é plotado no eixo das ordenadas e corresponde a uma medida de tempo, no eixo das abscissas (Kranz, 1974).

As curvas de progresso de doença podem ser construídas para qualquer patossistema, seja a cultura anual ou perene, o patógeno fungo, vírus, nematóide, bactéria ou protozoário, a epidemia de longa ou curta duração e a área de ocorrência da epidemia pequena ou grande (Jesus Junior et al., 2004). Para construí-las, são frequentemente coletados o número de plantas doentes e a severidade da doença no tempo (Campbell & Madden, 1990).

Modelos matemáticos que expressem a intensidade de doença em função do tempo são capazes de resumir, na forma de expressões matemáticas, a realidade. Vários modelos empíricos são propostos tais como, logístico, gompertz e monomolecular. Para analisar a dinâmica de uma doença é necessário ajustar um dos modelos matemáticos aos dados observados de incidência e severidade da doença em campo (Campbell & Madden, 1990).

Modelos são simplificações da realidade e dificilmente uma fórmula matemática será capaz de reproduzir com detalhes os fenômenos da natureza. Apesar dessa afirmativa, os modelos matemáticos são uma das poucas ferramentas disponíveis para se comparar epidemias e distinguir variedades, tratamentos fungicidas, técnicas de manejo, bem como gerar modelos de previsão e auxiliar na quantificação de danos e perdas (Bergamin Filho et al., 1995).

Dados analisados de incidência e severidade do cancro de *Cryphonectria cubensis* em *Eucalyptus grandis*, o modelo monomolecular foi o que teve melhor ajuste indicando que, pela taxa de infecção a dinâmica da doença para as condições do experimento foi muito lenta, podendo assumir características de doenças de juros simples (Camargo, 1989).

### **Quantificação de danos causados por doenças de plantas.**

O dano que os patógenos causam às plantas doentes é definido por qualquer redução na quantidade ou qualidade de produção, enquanto que perda é a redução em retorno financeiro por unidade de área devido à ação de organismos nocivos (Zadoks, 1985). Dano geralmente acarreta perda, mas não necessariamente, já que mecanismos de preço podem interferir (Bergamin Filho & Amorim, 1996), Jesus Junior et al (2004 b).

A quantificação de doenças é fundamentada nos sintomas e sinais exibidos pelas plantas no campo, que podem ser avaliados por duas formas. A primeira é através da incidência, que é definida como o número de indivíduos doentes, expresso em porcentagem do número total de indivíduos. A incidência é uma medida global em nível de população e não faz distinção entre plantas levemente ou severamente doentes. Enquanto, que a severidade é aferida individualmente e é definida como a área ou volume de tecido lesionado de uma planta ou parte dela, expressa geralmente em porcentagem de sua área ou volume total (Bergamin Filho et al., 1995)

A quantificação de danos de baseia-se no principio de que as epidemias produzem diversos níveis de severidade de doença, desse modo às relações quantitativas entre o aumento da severidade e os danos podem ser efetivamente estimadas, portanto, a doença deve ser monitorada regularmente e modelos vigentes devem ser desenvolvidos para descrever os danos (Bergamin Filho et al., 1995), Jesus Junior et al (2004 b).

A quantificação de danos causados por uma doença possibilita apenas estimar a redução na produtividade, mas também fornecer bases essenciais para o manejo de doenças (Campbell & Madden, 1990).

Uma doença passa a ter importância econômica quando a mesma é avaliada com base nas perdas a ela associadas. Essas perdas podem ser mensuradas em termos de estabelecer relações entre os diferentes níveis de doença e o produto final de valor econômico, mensurável de uma plantação. Portanto, estimativas são um pré-requisito para o desenvolvimento de qualquer programa bem sucedido de controle de doenças (Walher, 1983).

Existem aproximadamente cinco etapas, para a avaliação de danos em uma cultura, quais sejam: são (i) definição do problema; (ii) desenvolver um método de avaliação; (iii) realizar o levantamento da doença; (iv) utilizar métodos da evolução da doença no tempo

e no espaço; (v) a avaliação deve está associada com diferentes níveis de intensidade e/ou severidade da doença; (vi) desenvolver o modelo de danos (Chiarappa, 1981).

Nos povoamentos florestais, os danos podem ser quantificados através dos níveis de severidade da doença e, em cada nível, estima-se o percentual de dano que a árvore deixará de produzir, em termos de rendimento de madeira e demais variáveis da produção, em relação a uma árvore sadia, obtém-se, a redução da capacidade produtiva da árvore em decorrência da doença. (James, 1974).

Os tipos de prejuízos a qualidade da madeira de eucalipto devido ao ataque de cancro, estão registrados em pesquisas no Brasil, desde a década de 1970. Em *E. grandis* e *E. saligna* com cancro as principais características da madeira foram (1) maior densidade básica; (2) teores elevados de extrativos em água quente, álcool-benzeno e NaOH 1%; (3) teor elevado de lignina; (4) menores teores de cinzas; (5) fibras menores e estreitas, com paredes delgadas; (6) índices de Runkel e fração paredes das fibras menores; (7) maior coeficiente de flexibilidade das fibras; (8) vasos curtos e estreitos (Foelkel et al., 1978).

A necessidade de quantificar danos devido ao cancro do eucalipto tem sido relevante, uma vez que os ciclos, geralmente longos de rotação, favorecem à exposição da cultura ao ataque de patógenos por um período prolongado, podendo possibilitar quedas volumétricas significativas até o final do ciclo (Ferrari & Couto, 1984). Esse conhecimento é importante na tomada de decisão para o gerenciamento dos investimentos nas florestas plantadas.

## **CAPÍTULO I**

**Dinâmica espacial do cancro basal em *Eucalyptus grandis*.**

### **Dinâmica espacial do cancro basal em *Eucalyptus grandis*.**

Sandra Elizabeth de Souza<sup>1</sup>, Edson Luiz Furtado<sup>2</sup>, Waldir Cintra de Jesus Junior<sup>3</sup>, Cláudio Angelis Sansigolo<sup>4</sup> e Rodrigo Rocha Oliveira<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia UESB, CEP- 45083-900 Cx. Postal 95, Vitória da Conquista, Ba e-mail: eliza@uesb.br

<sup>2</sup>Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, CEP- 18.610-307, Botucatu-SP, e-mail: elfurtado@fca.unesp.br.

<sup>3</sup>Departamento de Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES CEP 29500-000, Alegre, ES, e-mail: [wcintra@cca.ufes.br](mailto:wcintra@cca.ufes.br)

<sup>4</sup>Departamento de Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP, CEP 18.610-307, Botucatu-SP, e-mail: sansigolo@fca.unesp.br

<sup>5</sup>Departamento de Produção Florestal, Veracell Celulose e Papel, CEP 45820-000 Eunápolis, BA.

\*Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor.

Aceito para publicação em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

### **RESUMO**

Souza, S.E.; Furtado, E.L.; Jesus Junior, W.C.; Sansigolo, C.A.; Oliveira, R.R. **Dinâmica Espacial do cancro basal em *Eucalyptus grandis*. *Fitopatologia Brasileira*, 2007.**

O objetivo desse trabalho foi estudar a dinâmica espacial do cancro basal, em três povoamentos de *Eucalyptus grandis*, procedência Santa Rita do Passa Quatro - SP, origem Coffs Harbour, dos plantios seminais em solos AQ1, AQ3 (10 a 15% de argila) e LEm2 (26 a 35% de argila), na região de Luis Antônio, SP. Foram instaladas três parcelas de 7500 m<sup>2</sup> formando um quadrat de 10x100. As avaliações foram realizadas individualmente em nove mil árvores distribuídas em nove parcelas, mediante o uso de uma escala diagramática com

sintomas visuais do cancro. Foi feito o registro da presença ou ausência do cancro basal em mapas de evolução da doença, gerando vinte e seis mapas. Cada mapa foi dividido em quadrats de tamanho 2x2, 2x4, 5x2, 5x4 e 5x10. Esses quadrats formaram a base para a análise espacial, do Índice de Dispersão (ID) e lei de potência binária. O gradiente da incidência média do cancro basal nos povoamentos seguiu a tendência: solo AQ3, 0,25%; solo AQ1, 0,21% e solo LEm2, 0,09%. Os valores de ID nos povoamentos e tamanhos de quadrats, exceto para o solo LEm2, quadrats 2x2, apresentaram valores maiores que 1. Os valores de  $\log(A) = \log(V_{obs})$  e  $\log(b) = \log(V_{bin})$  foram maiores que 1 e diferentes de zero, respectivamente. Assim, conclui-se que a dispersão espacial do cancro basal em *E.grandis*, ocorreu de forma lenta, com tendência à agregação independente do tipo de solo.

Palavras-chave adicionais: agregação, cancro basal, *Eucalyptus grandis*, análise espacial.

---

## ABSTRACT

Souza, S.E.; Furtado E.L; Jesus Junior, W.C.; Sansigolo, C.A.; Oliveira, R.R. **Spatial dynamics of canker disease development in *Eucalyptus grandis*. *Fitopatologia Brasileira*, 2007.**

The objective of this work was to study the spatial dynamics of eucalyptus canker development, at three *Eucalyptus grandis* stands from Santa Rita do P. Quatro - SP, (origin: Coffs Harbour), in seed plantations on soils classified as AQ1, AQ3 (10 to 15% clay), and LEm2 (26 – 35% clay), in the Ribeirão Preto region, SP, Brazil. Three 7500-m<sup>2</sup> plots were installed, forming a 10x100 quadrat. Evaluations were conducted individually on nine thousand trees distributed among nine plots, by using a diagrammatic scale with visual canker

symptoms. The presence or absence of eucalyptus canker was recorded on disease development maps; twenty-six maps were generated. Each map was divided into quadrats measuring 2×2; 2×4; 5×2, 5×4, and 5×10. These quadrats formed the base for the spatial analysis, Dispersion Index (DI), and binary power law. The average incidence gradient for eucalyptus canker in the stands obeyed the following trend: AQ3 soil 0.25%; AQ1 soil 0.21%, and LEm2 soil 0.09%. As to DI values for stands and quadrat sizes, 2×2 quadrats had values higher than 1, except in the LEm2 soil. Log (A) values = log (Vobs), and log (b) values = log (Vbin) were higher than 1 and different than zero, respectively. This suggests that eucalyptus canker spatial dispersion in *E. grandis* occurred slowly, with a tendency for aggregation, regardless of soil type studied.

Additional keywords: aggregation, eucalyptus canker, *Eucalyptus grandis*, spatial analysis.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é a nação mais competitiva para a produção de madeira por meio de florestas plantadas que já atingem 6,5 milhões de hectares distribuídos em 19 Estados da Federação, sendo os principais produtores Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Bahia, Espírito Santo e Rio Grande do Sul. As espécies mais plantadas nos maciços florestais do Brasil são *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e os seus híbridos interespecíficos (ABRAF, 2007).

A produção de celulose em 2006 atingiu 11.100 milhões de toneladas seguidos de 8.750 milhões de toneladas de papel, posicionando no 6º e 11º lugar no mercado Internacional (Bracelpa, 2007).

As condições edafoclimáticas nos povoamentos de eucaliptos, geralmente proporcionam um ambiente que predispõe as árvores ao ataque de patógenos, o qual pode normalmente iniciar-se por um foco. Assim que o processo doença se estabelece, este sofre mudanças, no tempo e no espaço, Auer (1994), Alfenas (2004).

O eucalipto, como qualquer outra planta cultivada, também é hospedeiro de fungos, bactérias, que encitam doenças desde o jardim clonal, até a árvore no campo que causam alterações morfológicas e fisiológicas no desenvolvimento da árvore, dentre esses, estão os agentes causadores de cancos e apodrecedores da madeira (Ferreira, 1989).

O cancro basal em eucaliptos pode ser originado devido a agentes abióticos e bióticos. Fatores abióticos têm sido detectados quando florestas de eucaliptos são implantadas em solos de areia quartzosa, latossolo arenoso distrófico ou álico, sob condições de déficit hídrico, e temperatura superior a 23°C Krugner & Auer (2005), Furtado (2006).

Em solos arenosos, é comum a existência de níveis limitantes de nutrientes, devido ao rápido ressecamento, o que agrava a deficiência de boro e outros nutrientes. Nas árvores novas pode ocorrer rachaduras naturais na casca, desde a base, predispondo-a ao ataque de um complexo de fungos (*Dothiorella* sp., *Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis*) os quais, estão associados ao cancro basal nos *Eucalyptus* spp., (Silveira et al., 1996; 1998; 2003; Furtado, 2006; Krugner & Auer, 2005). Esse tipo de cancro tem tido importância no Brasil, África do Sul, com ocorrência também no México, China e Austrália (Davison & Tay, 1983; Shearer et al., 1987; Old et al., 1990; Pérez-Vera et al., 2005).

O cancro basal de origem biótica, causado por *Criphonectria cubensis* é uma doença de ampla distribuição geográfica (Hodges et al., 1979). Foi primeiramente relatada em Cuba (Bruner, 1916) e no Brasil foi relatado em Rio Claro, São Paulo, como "doença da casca". Atualmente, a doença ocorre desde a região Amazônica até Santa Catarina (Krugner & Auer, 2005).

O cancro, têm sido detectado em hospedeiros nativos da família mirtáceas e melastomatáceas, tendo sido relatado a presença de *Cryosporhorte cubensis* (Wingfield, 2003; Old et al., 2003; Myburg et al., 2003; Seixas et al., 2004; Rodas et al., 2005; Barreto et al 2006).

A literatura até então disponível mostra que as possíveis causas do cancro basal podem ser desde o ataque de *C. cubensis*, como também a associação deste com um complexo de fungos: *Lasiodiplodia theobromae* (*Botriodiplodia theobromae*), *Dothiorella* sp., e *Phomopsis* sp., (OLD et al 2003; Furtado 2006).

O cancro basal por ser uma doença típica de regiões tropicais o ambiente favorável é temperatura superior a 23°C, ótima na faixa de 27 a 33°C, precipitação média anual de 1200 mm,

quando não são plantados procedências ou clones resistentes à doença provenientes de *E. grandis* e *E. urophylla* (Alfenas, 2004; Krugner & Auer, 2005).

Os sintomas de *C. cubensis* em árvores jovens com mais de um ano inicia-se quando o patógeno coloniza a casca e o câmbio, que apresenta uma depressão. A lesão causa morte dos tecidos a casca rompe-se em tiras e há formação de calos ao redor da lesão, que podem se estender verticalmente pelo tronco e atingir 50% da sua circunferência, formando o cancro típico. Nessas lesões, ocorre a entrada de fungos oportunistas apodrecedores e manchadores da madeira (Ferreira, 1989; Krugner & Auer, 2005).

O cancro do eucalipto tem acarretado prejuízos como a mortalidade de árvores, redução no número de cepas brotadas após o corte, número de brotos por cepa, redução no rendimento de celulose e no rendimento volumétrico da madeira (Ferreira, 1989; Hodges, 1976; Foelkel et al, 1978, Camargo, 1989; Krugner & Auer., 2005).

O padrão espacial de doença de plantas é definido como um arranjo ou posicionamento das plantas doentes, umas em relação às outras (Gilligan, 1983). Assim, em um estudo de padrão espacial, o interesse está na localização das plantas doentes, em cada área, talhão, pomar ou povoamento florestal. E, a principal razão para o estudo do padrão espacial de doenças no campo, é que este expressa o processo de dispersão do patógeno (Hughes et al., 1997).

O conhecimento da epidemiologia, desde os trabalhos de Vanderplank (1963; 1965) até os então disponíveis, que trata das populações de plantas e dos patógenos e sua dinâmica espaço-temporal, constitui em um referencial, que pode ser utilizado para tornar a proteção da cultura do eucalipto mais efetiva e menos impactante (Santos, 2006).

Nas últimas décadas, vários métodos estatísticos têm sido propostos no estudo de caracterização do padrão espacial; dentre os quais destacam: (i) cálculo de correlação interclasse (Ridout et al.; 1999, 2000); (ii) técnica de autocorrelação espacial (Campbell & Madden, 1990); (iii) métodos geoestatísticos (Chellemi et al., 1988); (iv) métodos de classes de distância (Ferradino, 1996; Nelson, 1995); (v) ajuste de modelos estocásticos espaço-temporal (Gibson & Austin, 1996); (vi) análise de dinâmica e estrutura de foco (Nelson, 1996); (vii) ajuste de distribuição beta-binomial, para dados provenientes de quadrats (Hughes & Madden, 1992; Hughes et al., 1997) e (viii) estudo da relação variância média, estabelecida pela lei de potência binária (Hughes & Madden, 1992; Madden & Hughes, 1995).

Novas informações sobre a análise espacial de doenças são necessárias e oportunas, uma vez que auxiliam no manejo integrado, tornando-o mais eficiente, econômico e sustentável. Nesse

contexto, o trabalho teve como objetivo estudar a dinâmica espacial do cancro basal em povoamentos de *E. grandis*, implantados em três tipos de solos na região de Luís Antônio, São Paulo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização das áreas de estudo

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, município de Luís Antônio-São Paulo, onde se destacam grandes maciços de reflorestamento com *Eucalyptus* spp.

A altitude da região é de 615 metros, o clima é tipo megatérmico sub-úmido, com ou sem pequena deficiência hídrica, subquente ou quente úmido, com três meses secos (mapa climático do INMET). Apresenta verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média de 25°C no verão e 19°C no inverno. Precipitação anual em torno de 1400 mm e umidade relativa média de 71%.

Foram selecionados três povoamentos de eucalipto com características comuns quanto à idade (dois anos, no início do estudo), espaçamento de plantio (3,0 x 2,5m entre linhas), e material genético; diferindo no tipo de solo.

**Povoamento I** – Fazenda Cara Preta A, a área selecionada foi o talhão 16, tipo de solo AQ1 – composto por areia quartzosa álica ou distrófica, a fraco ou moderado, textura areia-franca (10-15% de argila), relevo suavemente ondulado.

**Povoamento II** - Fazenda Guatapará A, a área selecionada foi o talhão 15, tipo de solo LEm2 – Latossolo Vermelho Escuro, álico ou distrófico, a moderada, textura franco-argila-arenosa (26-35% argila), relevo suavemente ondulado.

**Povoamento III** - Fazenda Altinópolis Fibra IV, a área selecionada foi o talhão 05, tipo de solo AQ3 – Areia quartzosa álica ou distrófica a moderado (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 m<sup>2</sup> cada parcela. Nos três povoamentos, o trabalho foi conduzido em nove parcelas, totalizando 9000 árvores que foram marcadas individualmente.

## **Monitoramento do cancro basal em campo**

Para o procedimento das avaliações do cancro basal, foi utilizada a escala diagramática desenvolvida por (Oliveira & Furtado, 2000), fundamentada nas observações dos principais sintomas em campo, com ilustrações das fases de evolução da doença na planta. A escala diagramática foi elaborada em quatro níveis (Figura 1).

O início das avaliações foi em 08/02/ 2000, quando as árvores estavam com mais de dois anos. A presença ou ausência do cancro foram registrados, obtendo-se um mapa de cada parcela por povoamento. As avaliações prosseguiram até o final do primeiro ciclo vegetativo da cultura, 2001 e 2002, quando as árvores estavam com idade próxima aos cinco anos.

Foram obtidos mapas de incidência cumulativa, considerando-se que uma árvore doente em uma avaliação permanecia doente nas posteriores. Todos os dados foram registrados em planilhas do programa Microsoft Office Excel, gerando assim vinte e seis mapas que formaram a base para a análise do padrão espacial da doença.

**Inserir Figura 1.**

## **Análise espacial do cancro basal**

### **Índice de dispersão (ID)**

A análise do padrão espacial do cancro basal foi realizada através de mapeamento da área a partir de dados binários (presença ou ausência da doença). As árvores com sintomas de cancro basal foram examinadas e calculou-se a incidência do cancro em cada data de avaliação com a seguinte fórmula:  $(p = T/D)$ .

Em que: T = número total de árvores na parcela; D = número total de árvores doentes.

Os dados de incidência foram à base para o cálculo do índice de dispersão (ID) (Gottwald et al., 1995; Madden et al., 1995; Laranjeira et al., 1998; 2004). Cada mapa foi dividido em quadrats de 4 (2x2), 8 (2x4), 10 (5x2), 20 (5x4) e 50 (5x10) árvores/quadrat (Figura 2). Para cada mapa e tamanho de quadrat foi realizado uma análise individual.

## Inserir Figura 2.

A análise da distribuição das árvores com cancro dentro dos quadrats, em cada data de avaliação, foi estimada pela análise binomial, através do cálculo do índice de dispersão binomial, que é a ( $V_{obs}$ ) variância observada entre quadrats e a ( $V_{bin}$ ) variância da distribuição binomial (Madden & Hughes, 1995).

Para cada um dos vinte e seis mapas e para cada tamanho de quadrat, a análise binomial (planta doente ou sadia) foi calculada na forma de variância observada ( $V_{obs}$ ), conforme preconiza Gottwald et al, (1996) e Hughes & Madden, (1992) em que:  $V_{bin} = p(1-p)/n$  onde:  $p$  = incidência da doença na parcela  $n$  = número de árvores no quadrat  $V_{obs} = \sum[(x_i - np)^2/n^2(N-1)]$  onde:  $X_i$  = número de árvores doentes no quadrat  $N$  = número total de quadrats.

Para o cálculo do índice de dispersão (ID) utilizaram-se os resultados da  $V_{obs} / V_{bin}$  sendo possível concluir, sobre o padrão de distribuição espacial das árvores doentes em cada mapa e para cada quadrat.

Para os valores de ID obtidos de cada quadrat foi aplicado o teste do  $\chi^2$  (qui-quadrado) para verificar se o valor calculado foi maior ou igual a 1 a nível de significância de 5%. Valores de ID significativamente iguais a 1 indicam que as árvores com cancro estão distribuídas aleatoriamente no campo. Valores de ID significativamente maiores que 1 indicam que as árvores com cancro estão agregadas (Madden & Hughes, 1995).

A hipótese de afastamento da aleatoriedade que consiste em rejeitar a aleatoriedade, foi realizado para cada tamanho de *quadrat* através da aplicação do teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) onde o ID  $\chi^2 \neq 1$  a 0,05% (Eliliot, 1983).  $X^2_{observado} = ID(N-1) > \chi^2_{calculado}$ ; ID = Índice de dispersão;  $N$  = número de quadrat;  $\chi^2_{calculado} = 0,5 [1,645 + (2(N-1) - 1)^{0,5}]^2$ .

Quando o  $\chi^2_{observado} > \chi^2_{calculado}$  rejeita-se o ajuste da distribuição estudada. A hipótese nula foi a de que o padrão observado era aleatório e a hipótese alternativa, de que era agregado. Valores de ID que não diferiram estatisticamente de 1 foram considerados como indicativo de aleatoriedade, enquanto que valores estatisticamente diferentes de 1 foram tomados como indicativos de agregação.

## Lei de potência binária

Taylor (1961) demonstrou que os dados de distribuição espacial de populações de uma espécie possa se relacionar linearmente com o logaritmo da variância observada ( $V_{obs}$ ) e o logaritmo da média. Assim, a lei de potência binária relaciona por meio de regressão linear [ $\text{Log}(V_{obs}) = \log(A) + b \cdot \log(V_{bin})$ ] a agregação de uma população em um ambiente (Hughes & Madden, 1992; Madden & Hughes, 1995).

O parâmetro  $b$  da lei de potência binária é um índice de agregação indicado para estudos epidemiológicos de baixa incidência. O padrão espacial é indicativo de agregação quando  $b > 1$  é aleatória, quando  $b = 1$ .

Dos cálculos de índice de dispersão (ID) para cada tamanho de quadrats (Figura 2), foram geradas as variâncias ( $V_{bin}$ ) e ( $V_{obs}$ ). Foi estimado o logaritmo de cada variância, considerando-se como variável independente o  $\log(V_{bin})$  e como variável dependente, o  $\log(V_{obs})$ .

Conjuntamente aos dados, uma regressão linear foi calculada considerando o  $\log$  da variância binomial a variável independente e o  $\log$  da variância observada, a variável dependente. A significância da regressão foi determinada pelo teste F e a adequação do ajuste foi avaliada pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e pela análise da distribuição de resíduos.

Quando a distribuição das árvores com cancro for ao acaso, o valor de  $A=0$  e  $b=1$ . Se o valor de  $A$  for  $\neq$  de zero e  $b \neq 1$  a distribuição espacial das árvores com cancro é agregado. E quando o valor de  $b$  for  $>$  que 1 o nível de agregação aumenta com o aumento da incidência (Madden & Hughes, 1995).

A significância da regressão foi determinada pelo teste F e a adequação do ajuste do modelo linear aos dados foi determinada por meio dos valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos padrões de distribuição dos resíduos, em gráficos de resíduos versus valores previstos de  $\log(V_{bin})$ .

A equação de regressão foi avaliada para cada conjunto de dados e para cada quadrat, através do Teste t (Madden et al., 1995). Foram testados a hipótese de  $b = 1$  ( $b = \log V_{bin}$ ) e a hipótese alternativa de  $b > 1$ . Valores de  $b$  significativamente diferentes de 1 a nível de 5 % de probabilidade foram considerados indicativos de agregação e valores estatisticamente iguais a 1 foram considerados indicativos de aleatoriedade.

Através da regressão do logaritmo da variância observada e o logaritmo da variância binomial por meio da equação  $\log(V_{obs}) = \log(A) + b \log(V_{bin})$ , foi possível determinar os valores dos parâmetros  $b$  e  $A$  para cada quadrat e para cada povoamento, assim como o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para cada conjunto de dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Índice de dispersão (ID)

Os valores de incidência do cancro basal nos povoamentos de *E. grandis* estão apresentados na tabela 1. Observa-se que as maiores incidência da doença ocorreram nas parcelas do povoamento de solo arenoso (AQ3 e AQ1 10 a 15% de argila) e as menores incidências ocorreram no solo LEm2 (26 a 35% de argila) (Tabela 1.)

#### Inserir Tabela 1

A cada valor de índice de dispersão foi aplicado o teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) (tabela 2). O valor limite entre a aleatoriedade e a agregação, na dispersão do cancro basal, assim como o número de avaliações que apresentaram árvores sintomáticas distribuídas em padrão agregado, variaram conforme o tamanho do quadrat.

Os dados da  $V_{obs}$  para o quadrat 2x2 apresentaram valores de ID <1, o que indica aleatoriedade para o cancro basal no povoamento do solo LEm2 (26-35% de argila). Nessa análise, 72% dos quadrat apresentaram árvores sadias ou com apenas uma árvore com o cancro basal dentro do quadrat 2x2. Talvez, devido à baixa incidência do cancro basal nesse tipo de solo, os demais tamanhos de quadrats apresentaram ID > 1, entretanto indicam baixa agregação (Tabela 2).

#### Inserir tabela 2

Os valores de ID > 1 foram estimados em todos os tamanhos de quadrat nos povoamentos de solos arenosos AQ3 e AQ1 com (10 a 15% de argila). Os maiores valores foram detectados no quadrat 5x10, indicando que o cancro basal ocorre de forma agregada nesses locais (tabela 2).

Os valores de ID em percentuais de agregação do cancro basal, para todos os tamanhos de quadrat, após teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) ( $P < 0,05$ ), estão apresentados na tabela 3. No povoamento de solo AQ3 (10 a 15% de argila) observa-se que a tendência à agregação do cancro basal ocorreu em 33,3% das árvores, para os quadrat 5x2, 5x4 e 5x10 indicando que as árvores com cancro basal estão agrupadas em focos de oito a mais de vinte árvores.

Através do teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) não foi detectado o padrão agregação no quadrat 2x2 (Tabela 3), o que parece indicar que a incidência do cancro superior a 25%, os focos abrangem um maior número de árvores no povoamento e necessitam ser estudados em quadrat de maior tamanho.

### **Inserir tabela 3**

Com base nos valores de ID no povoamento do solo AQ1 (10 a 15% de argila) verifica-se que, o cancro basal do *E.grandis* ocorreu numa tendência de agregação nos quadrat 2x2 em 62,5%; quadrat 2x4 em 12,5%; quadrat 5x4 em 100% e 50% no quadrat 5x10 indicando parcialmente, que os focos com cancro nesse povoamento teriam entre quatro e acima de vinte árvores, no quadrat 5x2 não foi detectado a existência de agregação nos índices de dispersão, pelo teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) (Tabela 3).

No povoamento do solo LEm2 (26-35% de argila), o cancro basal do *E.grandis* apresentou tendência de agregação em percentuais reduzidos, nos quadrat 2x2, 2x4, e 5x4, em 22,2%; quadrat 5x2 em 11,1% e no quadrat 5x10 a tendência foi de aleatoriedade (Tabela 3). Indicando que os focos podem envolver um número de duas a dez árvores de forma agregada e podem não existir focos acima de vinte árvores, o que sugere, portanto, que a maioria das árvores com cancro esteja distribuída em focos individuais.

Baixa agregação de plantas dentro dos quadrat também foi registrada no patossistema citros x ácaro da leprose, em São Paulo (Bessanezi & Laranjeira, 2007). Também em citros a dispersão espacial da CVC ocorreu de forma agregada em quadrat de 3x3 e 3x5, com focos que envolvem entre nove e quinze plantas (Laranjeira, 1997; 2004).

Nesse estudo, os baixos percentuais de agregação de árvores com cancro obtidos através do índice de dispersão, dentro dos quadrat, devem estar relacionados com a baixa incidência da doença nos povoamentos nesse primeiro ciclo da cultura. A baixa incidência de cancro em *E.*

*grandis*, procedência Coff's Harbour, também foi registrada por Camargo (1989); Auer & Krugner (1994) no Estado de São Paulo.

### **Lei de potência binária**

A lei de potência binária indica o padrão geral de agregação de uma doença. Os valores de  $b$  e  $A$ , da equação de regressão linear, assim como os coeficientes de determinação ( $R^2$ ), são apresentados na Tabela 4.

Estimativas de  $b$  e de  $A$ , estatisticamente diferentes de 1 ( $P < 0,05$ ), indicam um padrão geral de agregação de árvores sintomáticas. Valores de  $b$  superiores a 1 indicam que o grau de agregação é função da incidência (Taylor, 1961).

#### **Inserir Tabela 4**

O expoente  $b$  da lei de potência binária foi superior a 1 nos quadrats 2x2, 5x2 e 5x10 (Tabela 4). O valor de  $A$  foi superior a zero no quadrat 2x4. Os maiores valores de  $b$  foram estimados para os quadrats 5x2 e 5x10,  $b = 9,0953$  ( $R^2 = 0,99$ );  $b = 3,85$  ( $R^2 = 0,96$ ) o que indica, respectivamente, tendência de maior agregação do cancro basal no povoamento de solo arenoso (AQ1), (Figuras 3 e 4).

#### **Inserir Figura 3**

No povoamento do solo arenoso (AQ3), os valores da variância binomial log ( $V_{bin} = b$ ) foram menores que 1, assim como os  $R^2$  da regressão foram baixos (Tabela 4). Os valores de  $A$  foram superiores a zero nos quadrats 5x2 e 5x4 o que segundo Madden & Hughes (1995), é indicativo de agregação. No quadrat 5x10 o valor de  $b$  foi 3,39 ( $R^2 = 0,92$ ), o que sugere tendência de agregação da doença. Na análise conjunta dos dados desse quadrat, os pontos apresentam-se agrupados e próximos à linha de tendência da equação (Figura 4).

#### **Inserir Figura 4**

No povoamento do solo LEm2 (26 a 35% de argila), os quadrat 2x2, 2x4 e 5x10, apresentaram valores de b superiores a 1, entretanto, nos quadrat 5x2 e 5x4 o valor de A foi superior à zero (Tabela 4), o que indica tendência de agregação do cancro basal. A análise conjunta dos dados mostra que os pontos estão agregados e próximos da linha de tendência da equação (Figuras 5).

### **Inserir Figura 5**

Observa-se que ocorrem variações quanto ao tamanho de quadrat com maior valor do parâmetro b, representado pelo Log (Vbin), para os três povoamentos. Contudo, pode-se inferir que, em conformidade com o índice de dispersão (ID) e a lei de potência binária, o padrão espacial do cancro basal do eucalipto apresenta tendência de ocorrer de forma agregada, tanto nos povoamento de solo arenoso AQ1 e AQ3 (10 a15% de argila) como no solo LEm2 (26-35%) e com menor incidência da doença.

A interpretação dos resultados desse trabalho sugere que o cancro basal tem uma dinâmica espacial de agregação desde baixas incidências, e a evolução de um ano para outro é muito lenta nos solos arenosos (AQ1 e AQ3), não havendo evolução no solo LEm2, com maior teor de argila.

Também no patossistema *Botryosphaeria dothidea* e a podridão branca da maçã no Rio Grande do Sul, o padrão de distribuição espacial é agregado (Valdevenito-Sanhueza et al., 2005).

Um aumento na incidência resulta da dispersão da doença planta a planta, de modo típico de doença de juro compostos, ao passo que, um aumento em severidade resulta de um aumento da doença em uma única planta, sendo atribuída às auto-infecções (Jeger, 1983). Entretanto, (Maude, 1996), enfatiza que fungos mitosporicos, especialmente os que produzem esporos assexuais dentro de um picnídio, dispersos por respingos de chuva, causam doenças do tipo policíclica.

Os fungos agentes do cancro basal do eucalipto de *Cyiphonectria cubensis* e o complexo *B. dothidea*, *B.rhodina* e *Phomopsis*, possuem peritécios e picnídios. Provavelmente os picnídios têm maior importância na dispersão da doença, dado que os conídios quando são liberados pelos picnídios permanecem aderidos em massa mucilaginosa na extremidade

superior do picnídio. Assim, a dispersão hídrica favorece o rompimento dessa massa que pode causar auto-infecções ou, no máximo, infecções em árvores vizinhas por meio de gotas de chuvas carregadas ao vento (Krugner & Auer., 2005; Hodges et al., 1979).

Esse mecanismo influencia diretamente a disseminação do patógeno, definindo um mecanismo de dispersão a curta distância, o que confina o patógeno a focos já ocupados por lesões ou árvores doentes, limitando a evolução da doença a áreas limítrofes do foco (Vanderplank, 1965).

Hodges et al. (1976; 1979) sugerem que o sitio de infecção de *C.cubensis* ocorre por ferimentos e rachaduras na casca e cicatrizes nodais de galhos desramados. Dessa forma, parece lógico entender que o patógeno apresenta disseminação lenta.

Dessa forma, o índice de dispersão e a lei de potência binária, mostraram-se adequadas para aferir a dinâmica espacial do cancro basal em *E.grandis* que, independente do tipo de solo, tende a um padrão espacial agregado.

Para esse patossistema e independente do tipo de solo, o estudo da análise binária indica que a formação de quadrat seja superior a 20 árvores, a exemplo do quadrat 5x10.

O gradiente de incidência do cancro basal nos povoamentos estudados ficou assim distribuído: 0,25% solo AQ3 (10 a 15% de argila) > 0,21% solo AQ1(10 a 15% de argila) > 0,09% solo LEm2(26 a 35% de argila), com uma dinâmica espacial muito lenta para as condições do estudo.

Os resultados obtidos nesse trabalho através do índice de dispersão e da lei de potência binária possibilitam aferir que a dinâmica espacial da doença é lenta, devido provavelmente as auto-infecções do complexo de fungos associados ao cancro basal os quais, apresentam dispersão espacial com tendência à agregação. Todavia, esse assunto poderá ser melhor esclarecido, em estudo epidemiológico de dinâmica e estrutura de focos, proposto por Nelson (1996) e já estudados por Nunes et al (1999), Laranjeira et al.,(2004), para a CVC clorose variegata dos citros *Xylella fastidiosa* e Jesus Junior & Bassanezi (2004), para a morte súbita dos citros.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores expressam seus agradecimentos a empresa Votorantin Celulose e Papel (VCP), pelo apoio logístico de parte desse trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira Florestal dos Produtores de Florestas Plantadas. Disponível em: [www.abraflor.org.br/estatistica/anuario-ABRAF-2007.pdf](http://www.abraflor.org.br/estatistica/anuario-ABRAF-2007.pdf) acesso em 13/08/2007.

AUER, C.G.; KRUGNER, T.L. Ocorrência de *Valsa ceratosperma* (Tode: Fr.) Maire (Diapothales) em *Eucalyptus grandis* (Hill: Maiden), no Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, 21:1-6, 1994.

AUER, C.G.; KRUGNER, T.L. Grau de patogenicidade de *Valsa ceratosperma* em relação a *Cryphonectria cubensis* em cancrios de *Eucalyptus grandis*. **Summa Phytopathologica**, 19:174-176, 1993.

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** 55: 4, 577-577, 2006.

BASSANEZI, R.B; LARANJEIRA, F. F. Spatial patterns of leprosis and its vector in commercial citrus groves in Brazil. **Plant Pathology** 56:97-106, 2007.

BERGAMIMIN FILHO, A.; HAU, B.; AMORIM, L; JESUS JUNIOR, W.C. Análise espacial de epidemias. In: Vale F. R.; Jesus Junior, W.C; Zambolim, L. (Eds.) **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Editora Perfíl, 2004. pp. 193-240.

BRACELPA. Informes anuais: atuação setorial. Disponível em: [www.bacelpa.rg.br/informes\\_anuais/panorama\\_economico.ht](http://www.bacelpa.rg.br/informes_anuais/panorama_economico.ht)>. Acesso em 04 de Julho de 2007.

BRUNER, S. Uma enfermedad gangrenosa de los eucaliptos. **Boletín n37**, Estacion Experimen. Agronômica, Santiago de las Vegas, Cuba. 1916, 38p.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley. 1990. 532p.

CAMARGO, L.E.A. O cancro do eucalipto causado por *Cryphonectria cubensis*: sua dinâmica, quantificação e perdas avaliadas em um plantio de *Eucalyptus grandis*. Piracicaba, ESALQ/USP, Dissertação de Mestrado, 98p. 1989.

CHELLEMI, D. O.; ROHRBACH, K.G; YOST, R.S; SONODA, R.M. Analysis of the spatial pattern of plant pathogens and disease plants using geostatistics. **Phytopatology**, 78(2): 2211-226, 1988.

DAVISON, E. M.; TAY, F.C.S. Twig, branch and upper trunk cankers of *Eucalyptus marginata*. **Pant Dis**. 67: 1281- 287, 1983.

ELLIOTT, J. M. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. 2. ed. Cumbria: Fresh Biological Association, 1983, 160p. (Scientific Publication, 25).

FERRANDINO, F. J. Two-dimensional distance class analyses of disease-incidence data: problems and possible solutions. **Phytopathology**, 86 (7): 685-691, 1996.

FERREIRA, F. A. **Patologia florestal principais doenças florestais do Brasil**. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570p.

FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C; ANDRADE, J.O. M. O cancro do eucalipto e sua influência sobre a qualidade da celulose Kraft. **Cenibra Pesquisa**, 58:1-34, 1978.

FOELKEL, C.E.B. Custos e Rentabilidades na Produção de Madeira de Eucalipto em Povoamentos Manejados por Talhadia Simples e Corte Raso. 5p., disponível em: [www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br). Acesso em 13/08/2007.

GIBSON, G. V.; AUSTIN, E. J. Fitting and testing spatiotemporal stochastic models with application in plant epidemiology. **Plant Pathology**, 45:1172-1184, 1996.

GILIGAN, C. A. Modeling of soilborne pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, 21:45-64, 1983.

GOTTWALD, T. R.; AVINENT, L. Analysis in the spatial spread of sharka (plum pox virus) in apricot and peach orchards in eastern Spain. **Plant Disease**, 79:266-278, 1995.

GOTTWALD, T. R.; CAMBRA, M; MORENO, P; CAMARASA, E; PIQUER, J. Spatial and temporal analyses of citrus tristeza virus in eastern Spain. **Phytopathology** 86:45-55, 1996.

HUGHES, G. & MADDEN, L. V. Aggregation and incidence of disease. **Plant Pathology** 41:657-60, 1992.

HUGHES, G.; McROBERTS, N; MADDEN, L.V; NELSON, S.C. Validating mathematical models of plant-disease progress in space and time. **IMA Journal of Mathematics Applied in Medicine and Biology** 14:85-112, 1997.

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**, 63 (3):216-220, 1979.

HODGES, C.S.; REIS, M.S; FERREIRA, F.A; HEMFLING, J.D.M. O cancro do eucalipto causado por *Diaporthe cubensis*. **Fitopatologia Brasileira**, 1:129-170, 1976.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: [www.inmet.gov.br/html/agro.html](http://www.inmet.gov.br/html/agro.html).

JEGER, M.S. Analysing epidemics in time and space. **Plant Pathology**, 33:5-11, 1983.

JESUS JUNIOR, W. C.; BASSANEZI, R.B. Análise da dinâmica e estrutura de focos da morte súbita dos citros. **Fitopatologia Brasileira** 29: 399-405, 2004.

KRUGNER, T.L.; CANEVA, R.A; TOMAZELLO F. M. Seca de ramos em plantas enxertadas de eucaliptos no Estado do Espírito Santo. **IPEF** 6:69-75, 1973.

KRUGNER, T.L & AUER, C. G. Doenças dos Eucaliptos. In: Kimati, H.; Amorim, L Rezende, J.A. M.; Bergamin Filho, A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**, 4a ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2., 320-333. 2005.

LARANJEIRA, F. F. Dinâmica espacial e temporal da clorose variegada dos citros. Piracicaba, ESALQ/USP. Dissertação de Mestrado. 1997.

LARANJEIRA, F. F.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; BERGER, R.D; HAU, B. Análise espacial do amarelecimento fatal do dendezeiro como ferramenta para elucidar sua etiologia. **Fitopatologia Brasileira** 23:397-403., 1998.

LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIN FILHO, A; AMORIM, L. Dinâmica e estrutura de focos da clorose variegada dos citros (CVC). **Fitopatologia Brasileira** 23:36-41, 1998.

LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIN FILHO, A; AMORIM, L; GOTTWALD, T. R. Dinâmica Espacial da Clorose Variegada dos Citros em Três Regiões do Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira** 29:56-65, 2004.

MADDEN L.V.; NAULT, L.R.; MURRAL, D.J; APELT, M.R. Spatial pattern analysis of the incidence of aster yellows disease in lettuce. **Res. Popul. Ecol.** 37:279-89., 1995.

MADDEN L.V.; HUGHES, G. Plant disease incidence: distributions, heterogeneity and temporal analysis. **Annu. Rev. Phytopathol.** 33: 529-64, 1995.

MALAVOLTA, E.; TRANI, P.E; ATHAYDE, M.F; BRAGA, N.R; NOGUEIRA, S.S; MORAES, S.A. Nota sobre deficiência e toxidez de boro em espécies cultivadas do gênero *Eucalyptus*. **Revista da Agricultura**, .53: (4): 243-246, 1978.

MAUDE, R.B. **Seedborne diseases and their control. Principles and practice**. Wallingford, UK, CAB International 1996.

MYBURG, H.; GRYZENHOUT, M; WINGFIELD, D; WINGFIELD, J. Conspicuity of *Endothia eugeniae* and *Cryphonectria cubensis*: a re-evaluation based on morphology and DNA sequence data. **Mycoscience** 44:187-197, 2003.

NELSON, S. C. Spatiotemporal distance class analysis of plant disease epidemics. **Phytopathology**. 85: (1)37-43, 1995.

NAKABONGE, G.; ROUX, J.; GRYZENHOUT, M; ROUX, J; WINGFIELD, J. Distribution of *Chrysosporium*, canker pathogens on *Eucalyptus* and *Syzygium* spp. In. Eastern and Southern African. **Plant Disease** 90: (6) 734, 2006.

NELSON, S.C. A simple analysis of disease foci. **Phytopathology** 86:332-339, 1996.

NUNES, W.M. de C.; MACHADO, M. A; CORAZZA-NUNES, M. J; FURTADO, E. L. Dinâmica espacial de foco da clorose variegada dos citros (CVC) avaliada por meio da sintomatologia e serologia. **Acta Scientiarum**, 23: (5) 1215-1219, 2001.

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*. **Aust. J. Bot.** 38:571-581.1990.

OLD, K.M.; WINGFIELD, M.J; YUAN, Z.Q. **A manual of diseases of eucalypts in South-East Asia**. Center for International Forestry Research, 106p. 2003.

PÉREZ-VERA, O. A.; YAÑEZ-MORALES, M. J; ALVARADO-ROSALES, D; CIBRIÁN-TOVAR, D; Y GARCÍA-DÍAZ, S.E. Hongos asociados a eucalipto, *Eucalyptus grandis* Hill: Maid **Agrociência**, 39:311-318, 2005.

OLIVEIRA, R.R.; FURTADO, E. L. Escala diagramática com categorias de severidade de ataque para o cancro basal do Eucalipto. **Seminário de Iniciação Científica PIBIC/UNESP** 2000.

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** 54, 460-470, 2005.

RIDOUT, M. S.; XU, X. M. Relationships between several quadrat-based statistical measures used to characterize spatial aspects of disease incidence data. **Phytopathology**, 90 (6):568-575, 2000.

RIDOUT, M. S.; DEMÉTRIO, C. G. B; FIRTH, D. Estimating intraclass correlation for binary data. **Biometrics**, .55 (1): 137-148, 1999.

SANTOS, C.A.G. dos Estudos epidemiológicos da ferrugem do eucalipto causado por *Puccinia psidii* em plantios irrigados, Botucatu, FCA/UNESP Dissertação de Mestrado. 2006.

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** 18, 39-45, 2004.

SHEARER, B.L.; TIPPETT, J.Y; BARTLE, J.R. *Botryosphaeria ribis* infection associated death of *Eucalyptus radiata* in species section trials. **Plant disease**, 71:140-145, 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**, 21(4):482-485, 1996.

SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N; KRUGNER, T. L. Estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* Hook cultivado sob deferentes doses de boro e sua relação com a agressividade de *Botryosphaeria ribis*. **Scientia Forestales** 53:57-70, 1998.

TAYLOR, L.R. Aggregation, variance and the mean. **Nature** 189:732-735, 1961.

TOKESHI, F.; GUIMARÃES, R.F; TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em São Paulo. **Summa Phytopathologica**, 2:122-126, 1976.

VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M.; DUARTE, V; AMORIM, L. PORTO, M.D.M. Detecção e Epidemiologia da Podridão Branca da maçã. **Fitopatologia Brasileira** 30:217-223, 2005.

VANDERPLANK, J.E **Plant Diseases: epidemics and control**. New York, Academic Press, 1963. 349p.

VANDERPLANK, J.E Dynamics of epidemics of plant disease. **Science**, 147:120-124.1965.

WINGFIELD A. J. Increasing threat of diseases to exotic plantation forests in the Southern Hemisphere: lessons *Cryphonectria* canker. **Australasian Plant Pathology** 32: 133-139, 2003.



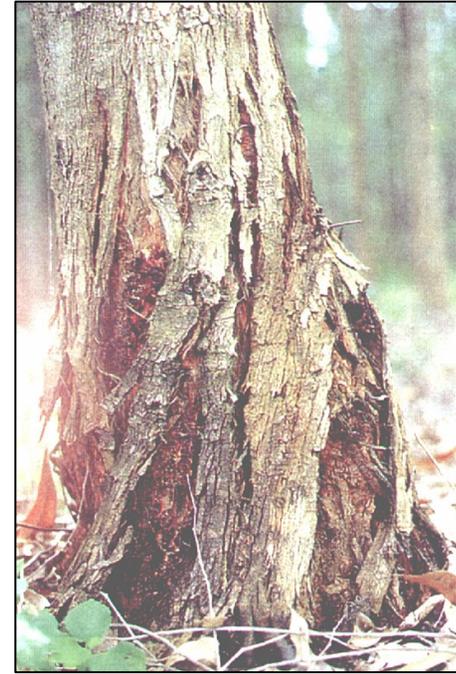
Nível 0: Árvore sadia.



Nível 1: Árvores com cancos superficiais, sem o comprometimento significativo da região cambial.



Nível 2: Árvores com danos mais pronunciados, mostrando algum comprometimento da região cambial.



Nível 3: Árvores com danos severos, comprometimento acentuado da região cambial e do lenho.



Nível 4: Árvore morta pelo cancro.

**Figura 1.** Escala diagramática com categorias de severidade de ataque para o cancro basal do Eucalipto (Oliveira & Furtado, 2000).

Quadrat 2x2 (4) árvores

1	0
2	3

Quadrat 2x4 (8) árvores

1	0
2	3
0	1
4	3

Quadrat 5x2 (10) árvores

1	1	0	4	0
1	2	3	0	0

Quadrat 5x10 (50) árvores

1	1	0	4	0
1	2	3	0	0
1	0	1	0	0
0	4	3	0	0
0	0	0	1	0
0	2	0	4	0
0	1	0	3	1
0	2	0	0	0
0	0	0	0	3
0	0	0	0	0

Quadrat 5x4 (20) árvores

1	1	0	1	0
3	1	0	0	0
0	0	0	0	1
0	0	0	0	0

**Legenda**

- 0 – Branco = árvore sadia.  
 1 – Amarelo = árvore no nível 1 de severidade.  
 2 – Laranja = árvore no nível 2 de severidade  
 3 – Vermelho = árvore no nível 3 de severidade  
 4 – Vermelho escuro = árvore no nível 4 de severidade.

**Figura 2.** Número de árvores no quadrat utilizados para as análises de índice de dispersão e potência binária do cancro basal em *Eucalyptus grandis*, nos solos AQ3, AQ1 e LEm2.

**Tabela 1.** Incidência do cancro basal em *Eucalyptus grandis* em três tipos de solos, AQ1, AQ3 e LEm2 na região de Luís Antônio São Paulo.

		Incidência, %			
		Parcelas (P)			
Solo	Ano	P1	P2	P3	Média
AQ1 * <sup>1</sup>	2000	24,4	18,6	21,8	21,6
AQ3 * <sup>2</sup>		27,1	27,0	21,3	25,1
LEm2 * <sup>3</sup>		11,6	6,3	8,8	8,9
AQ1	2001	22,6	18,0	**	20,3
AQ3		27,3	27,2	21,5	25,3
LEm2		9,2	7,4	8,8	8,4
AQ1	2002	22,4	18,0	22,3	20,9
AQ3		27,3	27,2	21,6	25,4
LEm2		9,2	7,5	8,8	8,8

\*<sup>1</sup>Solo AQ1 e AQ3 (10 a 15% de argila); \*<sup>3</sup>Solo LEm2 (26 a 35% de argila).

\*\* dados não avaliados nessa parcela.

**Tabela 2.** Valor médio de Índice de Dispersão para o cancro basal de *Eucalyptus grandis* em três tipos de solo, cinco tamanhos de quadrat na região de Luis Antônio - São Paulo.

<b>Solo</b>	<b>Quadrat</b>				
	2x2	2x4	5x2	5x4	5x10
<b>AQ1*<sup>1</sup></b>	1,0338	1,0379	1,2447	1,2404	1,4694
<b>AQ3*<sup>2</sup></b>	1,0454	1,0511	1,1880	1,3833	1,5801
<b>LEm2*<sup>3</sup></b>	0,9681	1,0009	1,0573	1,1307	1,0783

<b>2001</b>					
	2x2	2x4	5x2	5x4	5x10
<b>AQ1</b>	1,3608	1,1641	1,3409	1,2243	1,6785
<b>AQ3</b>	1,0053	1,0205	1,1495	1,3432	1,5271
<b>LEm2</b>	0,9756	1,0292	1,0292	1,0744	1,0793

<b>2002</b>					
	2x2	2x4	5x2	5x4	5x10
<b>AQ1</b>	1,1777	1,1014	1,2923	1,2036	1,5114
<b>AQ3</b>	1,0066	1,0184	1,1348	1,3426	1,5376
<b>LEm2</b>	0,9741	1,0224	1,0224	1,0601	1,0916

\*<sup>1</sup> Solo AQ1 (10 a 15% de argila); \*<sup>2</sup> Solo AQ3 (10 a 15% de argila);

\*<sup>3</sup> Solo LEm2 (26-35% de argila).

**Tabela 3.** Resultados em percentual do teste do qui-quadrado para valores de (ID),  $\chi^2_{obs} > \chi^2_{tab}$  a 0,05%, em cinco tamanho de quadrat, significativos para a agregação do cancro basal em *Eucalyptus grandis*, na região de Luís Antônio - São Paulo.

Solo	% de ID>1				
	Quadrat 2x2	Quadrat 2x4	Quadrat 5x2	Quadrat 5x 4 e	Quadrat 5x10
AQ1* <sup>1</sup>	62,5	12,5	00,0	100,0	50,0
AQ3* <sup>2</sup>	00,0	11,1	33,3	33,3	33,3
LEm2* <sup>3</sup>	22,2	22,2	11,1	22,2	00,0

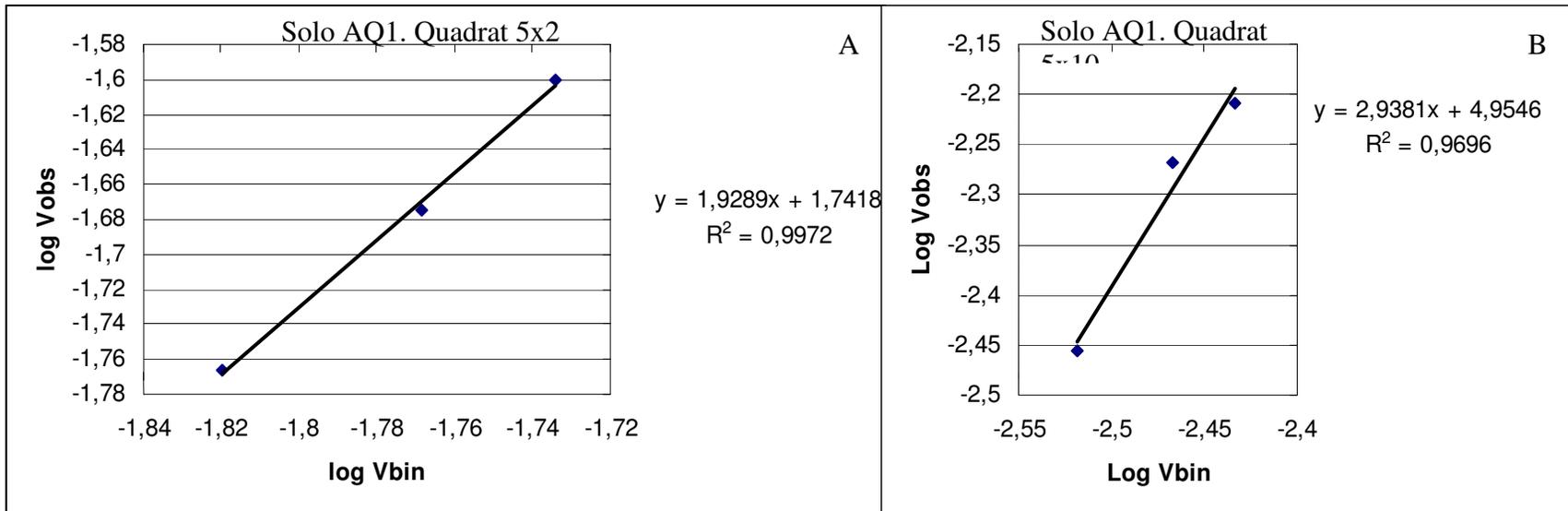
\*<sup>1</sup> Solo AQ1 (10 a 15% de argila); \*<sup>2</sup> Solo AQ3 (10 a 15% de argila);

\*<sup>3</sup> Solo LEm2 (26-35% de argila).

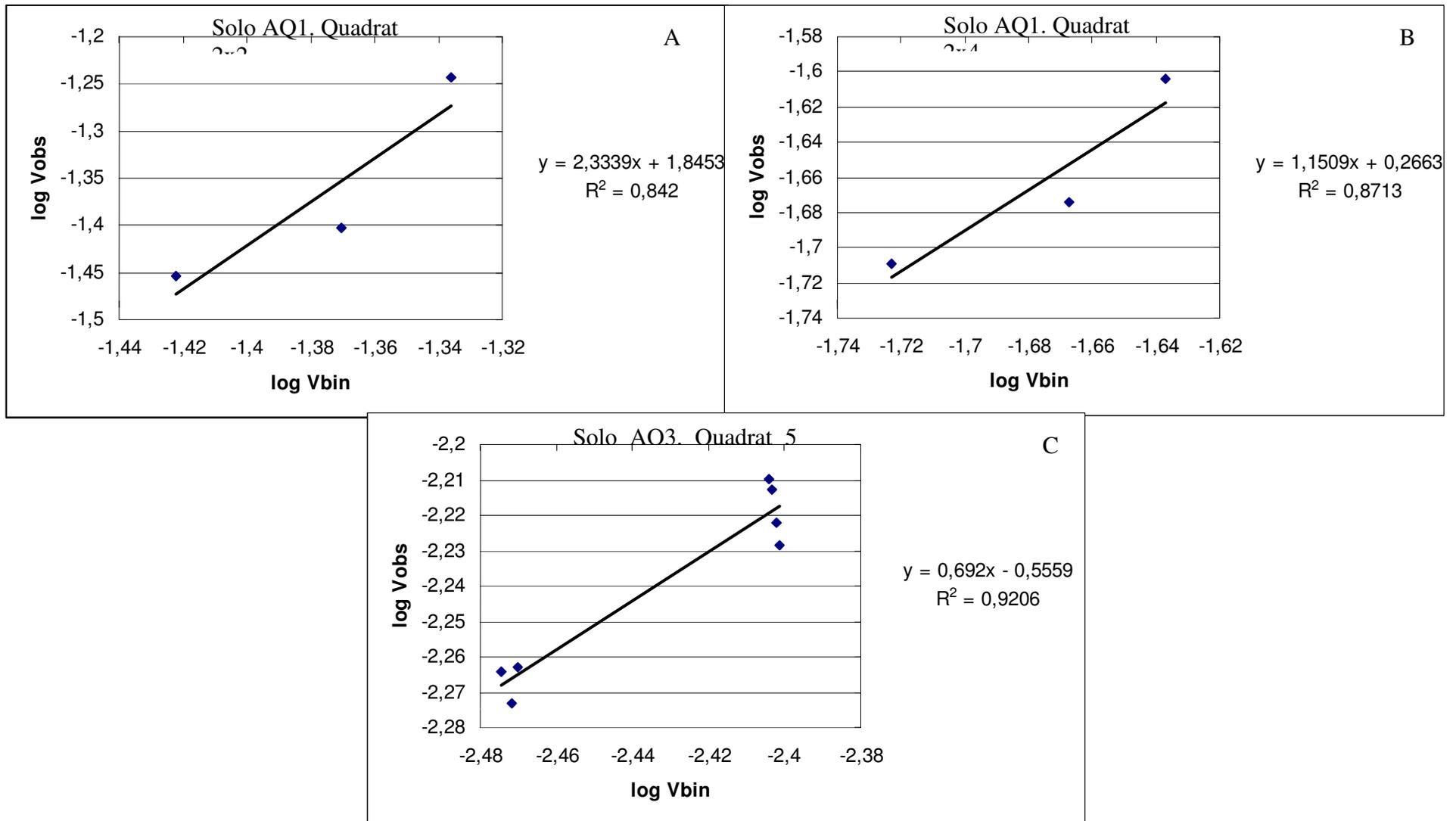
**Tabela 4.** Valores dos parâmetros b e A da equação de ajuste à Lei de potência binária para incidência do cancro basal em cinco tamanhos de quadrat para três tipos de solo com *Eucalyptus grandis*, na região de Luís Antônio - SP.

Quadrat	Solo (AQ1)			Solo (AQ3)			Solo (LEm2)		
	A	b	R <sup>2</sup>	A	b	R <sup>2</sup>	A	b	R <sup>2</sup>
2x2	1,3259	1,3193	0,84	-1,6361	-1,6738	0,38	2,3252	2,3707	0,91
2x4	0,3592	0,3585	0,87	-0,6689	-0,6833	0,18	2,0980	2,0988	0,98
5x2	9,6113	9,0953	0,99	0,4551	0,3992	0,44	0,4749	0,4625	0,79
5x4	-0,0235	-0,0535	0,79	0,8551	0,7877	0,76	0,7238	0,6816	0,65
5x10	- 3,8531	3,7276	0,96	-2,5152	3,3904	0,92	1,1361	1,0699	0,94

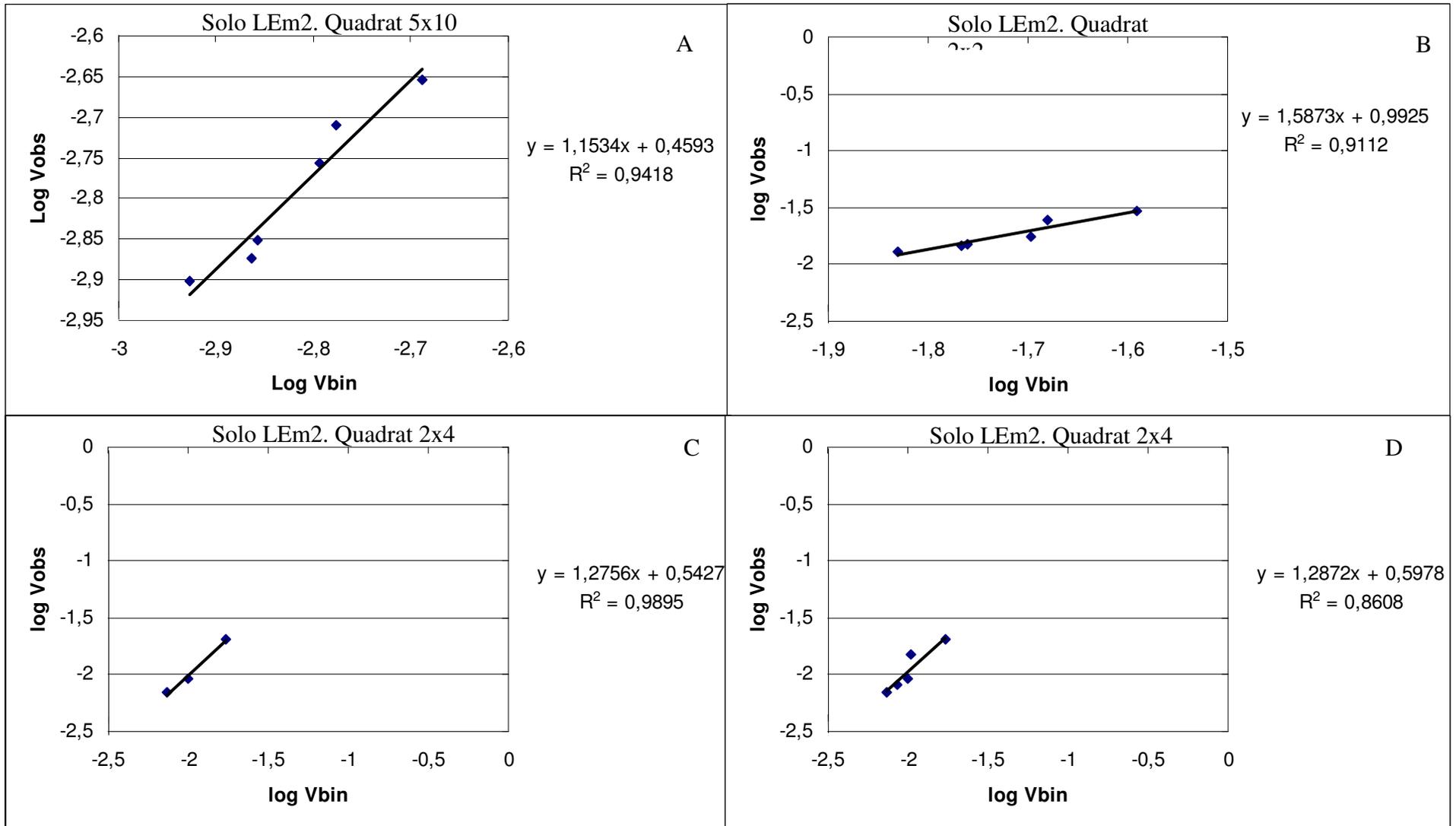
Valores b superior a 1 ou A superior a 0.



**Figura 3.** Relação entre o logaritmo da variância observada e o logaritmo da variância binomial de árvores de *Eucalyptus grandis* com cancro basal. Cada ponto representa uma parcela de 1000 árvores, nas quais avaliou-se a incidência em quadrat. A linha de tendência representa a equação  $\log (Vobs) = \log (A) + b \log (Vbin)$  ajustada aos dados.



**Figura 4.** Relação entre o logaritmo da variância observada e o logaritmo da variância binomial de árvores de *Eucalyptus grandis* com cancro basal. Cada ponto representa uma parcela de 1000 árvores, nas quais avaliou-se a incidência em quadrat. A linha de tendência representa a equação  $\log(Vobs) = \log(A) + b \log(Vbin)$  ajustada aos dados.



**Figura 5.** Relação entre o logaritmo da variância observada e o logaritmo da variância binomial de árvores de *Eucalyptus grandis* com cancro basal. Cada ponto representa uma parcela de 1000 árvores, nas quais avaliou-se a incidência no quadrat. A linha de tendência representa a equação  $\log(Vobs) = \log(A) + b \log(Vbin)$  ajustada aos dados.



## **CAPÍTULO II**

**Análise da dinâmica e estrutura de focos do cancro basal em *Eucalyptus grandis*.**

## **Análise da Dinâmica e Estrutura de Focos do Cancro Basal em *Eucalyptus grandis*.**

Sandra Elizabeth de Souza<sup>1</sup>, Edson Luiz Furtado<sup>2</sup>, Waldir Cintra de Jesus Junior<sup>3</sup>, Cláudio Angeli Sansigolo<sup>4</sup>, Rodrigo Rocha Oliveira<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, CEP- 45.083-900, Vitória da Conquista - Bahia, e-mail: eliza@uesb.br

<sup>2</sup>Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP, CEP- 18.610-307, Botucatu-SP, e-mail: elfurtado@fca.unesp.br

<sup>3</sup>Departamento de Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo- UFES, CEP- 29500-000. Alegre, ES, e-mail: wcintra@cca.ufes.br

<sup>4</sup>Departamento de Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agronômicas –UNESP, CEP – 18.610-307, Botucatu-SP, e-mail: [sansigolo@fca.unesp.br](mailto:sansigolo@fca.unesp.br)

<sup>5</sup>Departamento Técnico da Veracel Celulose e Papel, CEP- 45.100-000 Eunápolis – Bahia,

\*Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor.

Aceito para publicação em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

## **RESUMO**

SOUZA, S.E.; FURTADO, E.L; JESUS JUNIOR, W.C; SANSINGOLO, C. A; OLIVEIRA, R.R **Análise da dinâmica e estrutura de focos do cancro basal em *Eucalyptus grandis*.** *Summa Phytopathologica*, 2007

O cancro basal do eucalipto possui como uma das causas o fungo *Cryphonectria cubensis* (*Cryosphorte cubensis*) podendo ocorrer devido à causas abióticas, como a deficiência de boro em solos arenosos e ambiente favorável a doença, o que leva as árvores à predisposição do ataque de um complexo de fungos: *Dothiorella* sp. e *Phomopsis* sp. O objetivo desse trabalho foi aplicar a técnica de análise da dinâmica e estrutura de focos

(ADEF) em vinte e seis mapas de distribuição espacial de árvores com sintomas de cancro basal, provenientes de três povoamentos de *Eucalyptus grandis*, procedência Santa Rita do Passa Quatro, SP, origem Coff's Harbour, implantados em solos AQ3, AQ1(10 a 15% de argila) e LEm2(26 – 35% de argila) na região de Luis Antônio SP, onde foram instaladas três parcelas de 10x100 árvores totalizando nove mil árvores, que foram monitoradas individualmente, mediante o uso de uma escala de notas com sintomas visuais do cancro. As avaliações foram realizadas nos anos 2000, 2001 e 2002 quando efetuou-se o registro, da presença ou ausência da doença. Foi observado que os solos arenosos AQ1 e AQ3 contribuíram para a evolução da doença em maiores proporções que o solo LEm<sub>2</sub>; o cancro basal inicia-se com focos de apenas uma árvore, os quais constituíram 54,6% dos focos, indicativo; 89,1% dos focos apresentaram tamanho médio inferior a 10 árvores, 10,9% tiveram tamanhos entre 11 a 30 árvores e nenhum foco foi formado acima de 30 árvores; focos de 11 a 30 árvores foram observados no povoamento do solo AQ3; 80,8% os focos apresentaram maior comprimento na direção entre as linhas de plantio do que na direção da linha. Os valores de ICF (0,85) e ICFNU (0,66) indica leve tendência à compactação de focos. A técnica da ADEF foi adequada ao estudo, sugerindo que a dinâmica espacial do cancro basal em *E. grandis*, nos povoamentos estudados, ocorreu de forma lenta e com tendência à agregação.

Palavra chave: distribuição espacial, padrão de disseminação, focos, cancro basal, *Eucalyptus grandis*.

---

## ABSTRACT

Souza, S. E.; Furtado, E. L.; Jesus Junior, W. C.; Sansigolo, C. A.; Oliveira, R.R. **Dynamics and structure analysis of eucalyptus canker foci in *Eucalyptus grandis*** *Summa Phytopathologica*, 2007

One of the causes of eucalyptus canker is the fungus *Cryphonectria cubensis* (*Cryphonectria cubensis*); the disease may occur due to abiotic reasons, such as boron deficiency in sandy soils, which leads the trees to become predisposed to attack by a complex of fungi: *Dothiorella* sp., and *Phomopsis* sp. The objective of this study was to apply the dynamics and structure analysis technique (DSA) to twenty-six spatial distribution maps of trees with eucalyptus canker symptoms, at three *Eucalyptus grandis* stands from Santa Rita do P. Quatro - SP (origin: Coffs Harbour), installed on soils classified as AQ3, AQ1 (10 to 15% clay), and LEm<sub>2</sub> (26 – 35% clay) in the Luis Antônio region, SP. Three plots containing 10×100 trees were installed, totaling nine thousand trees, which were individually monitored by means of a rating scale based on visual canker symptoms. Evaluations were conducted in 2000, 2001, and 2002, during which the presence or absence of the disease was recorded. It was observed that the sandy soils AQ1 and AQ3 contributed toward disease development at higher proportions than the LEm<sub>2</sub> soil; eucalyptus canker starts with single-tree foci, which represented 54.6% of all foci; the disease seemed to spread through the seedlings via the seeds; 89.1% of the foci had a mean size smaller than 10 trees, 10.9% had sizes between 11 and 30 trees, and no focus was formed with size above 30 trees; foci from 11 to 30 trees were observed in the stand on the AQ3 soil; 80.8% of the foci had greater lengths between planting rows than along the rows. The ICF (0,85) and ICFNU (0,66), which indicates a slight tendency to focus compaction. The DSA technique was adequate for this investigation, suggesting that the spatial dynamics of eucalyptus canker in *E. grandis* occurred slowly in the stands, with an aggregation tendency.

Keyword: spatial distribution, dissemination pattern, foci, eucalyptus canker, *Eucalyptus grandis*.

## INTRODUÇÃO

As florestas plantadas com eucalipto fornecem matéria prima para diversos setores da sociedade, dentre os quais, energia e celulose de fibra curta. Atualmente, é uma das principais matérias primas fibrosas para fabricação do papel, produto indispensável na rotina diária de toda a sociedade.

O Brasil é a nação mais competitiva para a produção de madeira por meio de florestas plantadas que já atinge 6,5 milhões de hectares para as espécies de eucalipto e pinus localizadas, principalmente, nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Bahia, Espírito Santo e Rio Grande do Sul. A exportação estimada do setor florestal, para 2006, corresponde a 5,6% do total exportado pelo país (1).

As espécies mais plantadas nos maciços florestais do Brasil são *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus. camaldulensis* e os seus híbridos interespecíficos. As condições edafoclimáticas nesses povoamentos, geralmente, proporcionam um ambiente que predispõe as árvores ao ataque de patógenos e dentre estes estão os agentes causadores de cancos.

O cancro basal do eucalipto pode ter origem biótica e abiótica. Quando maciços de eucalipto são implantados em ambientes com solos arenosos com deficiência mineral principalmente o boro, com temperatura média superior a 23°C e pluviosidade inferior a 1200 mm, poderão ocorrer, rachaduras naturais da casca das árvores novas, desde a base, predispondo ao ataque de um complexo de fungos (*Dothiorella* sp., e/ou *Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp.), (15, 28, 27, 35, 51, 52).

As possíveis causas do cancro basal podem ser desde o ataque de *Cryphonectria cubensis* (23, 24), associado ou não a um complexo de fungos tais como *Lasiodiplodia theobromae* (*Botriodiplodia theobromae*), *Dothiorella* sp. e *Phomopsis* sp. (15). Entretanto, *Cryphonectria cubensis* tem ocasionado cancro tanto em eucaliptos como em outras mirtáceas e melastomatáceas (55, 48, 44, 3). A reclassificação de *Cryphonectria* spp. em *Eucalyptus* e outras mirtáceas em espécies distintas, necessitam de futuros estudos (41, 36).

O cancro basal de *Botryosphaeria* é uma importante doença no Brasil, África do Sul, havendo relatos de ocorrência no Uruguai, México, Europa, China e Austrália (11, 10, 40, 41, 43, 50).

O cancro basal é uma doença que ocorre em árvores jovens com idade inferior a um ano. O patógeno coloniza a casca, o cambio e, às vezes, o lenho, resultando no fendilhamento da casca desde a base desta como ao longo do tronco. Ocorre entumescimento da área afetada, morte da planta por estrangulamento do colo e coloração palha na folhagem. Em árvores jovens, a partir dos seis meses de idade, as lesões basais representam a grande maioria dos sintomas, com minúsculas trincas naturais da casca próximas ao coleto (13, 28).

Em árvores com mais de um ano, o complexo de fungos coloniza a casca e o câmbio, que apresenta uma depressão. A lesão causa a morte dos tecidos e a casca rompe-se em tiras; forma-se um tecido caloso ao redor da lesão e esta a lesão pode se estender verticalmente pelo tronco e atingir 50% da sua circunferência, formando o cancro típico. Nas lesões ocorre a entrada de fungos oportunistas apodecedores e manchadores da madeira (28, 13).

O cancro do eucalipto tem acarretado prejuízos, tais como a mortalidade e quebra do fuste das árvores, redução no número de cepas brotadas após o corte, no número de brotos por cepa, na qualidade da madeira e no rendimento de celulose (13, 24, 14, 8, 28).

As doenças de causas bióticas, especialmente em hospedeiros perenes, exibem padrões definidos de aparecimento e de crescimento de focos (17, 29 30). Em geral, nesses casos, há agregação de plantas doentes a partir de incidências relativamente elevadas (4, 5, 6, 7, 18, 19).

Nas últimas décadas, vários métodos estatísticos têm sido propostos como metodologias para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças de plantas. Dentre estes, destacam-se: (i) ajuste de distribuição beta-binomial a dados provenientes de quadrat (54, 33); (ii) estudo da relação variância média, estabelecida pela lei de potência binária (21, 34, 53); (iii) cálculo de correlação interclasse (46, 45); (iv) técnica de autocorrelação espacial (7); (v) métodos geoestatísticos (9); (vi) métodos de classes de distância (12, 37); (vii) ajuste de modelos estocásticos espaço-temporal (16, 22) e (viii) análise de dinâmica e estrutura de foco (38).

A análise de dinâmica e estrutura de focos (ADEF) foi desenvolvida para caracterizar espacialmente as epidemias, cujas avaliações são baseadas na incidência. Assim, um foco de doença é definido como, árvores com sintomas imediatamente adjacentes no padrão de proximidade vertical, horizontal ou diagonal (38).

Pelo método da ADEF é possível caracterizar um número razoável de variáveis importantes no patossistema, tais como: número de focos com plantas doentes, número de focos unitários, a forma do foco, o número médio de plantas por foco e o índice de compactação do foco. Essas variáveis podem ser estudadas em função da incidência da doença e e poderá contribuir nas informações oriundas de outras técnicas de análise espacial (38, 37).

No Brasil, a técnica da ADEF foi utilizada em estudos na citricultura como: (i) a clorose variegata dos citros (CVC), *Xylella fastidiosa*, que apresentou um padrão de dispersão levemente agregado (32); (ii) testes de diagnose da CVC pelos métodos de sintomas e por sorologia DIBA PCR (39); (iii) diferenças dos padrões espaciais das plantas com cancro cítrico na presença ou ausência da larva minadora dos citros (*Phyllocnistis citrella* Stainton) (4,5) e (iv) morte súbita dos citros (MSC) em pomares do norte de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro (26).

As variáveis da ADEF podem ser empregadas para complementar as informações oriundas de outras técnicas de análise espacial (26) e visa um melhor entendimento do patossistema. Assim, é de grande interesse para o estudo da dispersão espacial do cancro basal em povoamentos de eucalipto, implantados em solos arenosos, de modo a tornar a proteção da cultura do eucalipto, mais efetiva e menos impactante (47). O objetivo desse trabalho foi caracterizar a dinâmica e estrutura de focos do cancro basal em três povoamentos de *E. grandis* na região de Luís Antônio - São Paulo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado em três povoamentos florestais originados de sementes de *Eucalyptus 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 reflorestamento com *Eucalyptus* spp.

A altitude da região é de 515 metros e o clima é do tipo megatérmico sub-úmido, sem ou com pequena deficiência hídrica/ subquente ou quente úmido, com 3 meses secos (INMET). Apresenta verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média de 25°C no verão e 19°C no inverno. Precipitação anual em torno de 1400 mm e umidade relativa média de 71% (25).

Foram selecionados três povoamentos de eucalipto com características comuns quanto à idade, três anos; espaçamento de plantio 3,0 x 2,5m entre linhas; igualdade de material genético; diferindo no tipo de solo.

**Povoamento I** – Fazenda Cara Preta A: a área selecionada foi o talhão 16, com plantio efetuado em 29/10/1996, tipo de solo AQ1 – composto por areia quartzosa álica ou distrófica, a fraco ou moderado, textura areia-franca (10-15% de argila), relevo suavemente ondulado.

**Povoamento II** - Fazenda Guatapará A: a área selecionada foi o talhão 15, com plantio em 16/10/1996, tipo de solo LEm<sub>2</sub> – Latossolo Vermelho Escuro, álico ou distrófico, a moderada, textura franco-argila-arenosa (26-35% argila) relevo suavemente ondulado.

**Povoamento III** - Fazenda Fibra IV: Altinópolis, a área selecionada foi o talhão 05, com plantio em 16/10/1996, tipo de solo AQ3 – Areia quartzosa álica ou distrófica a moderado (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 cada e área de 7500 m<sup>2</sup>, formando um quadrat de 10x100. Nos três povoamentos, o trabalho foi conduzido em nove parcelas, totalizando 9000 árvores que foram marcadas individualmente.

### **Monitoramento do cancro basal em campo**

Para o procedimento das avaliações do cancro basal, foi utilizada uma escala diagramática específica (42), fundamentada nas observações dos principais sintomas em campo, com ilustrações das fases de evolução da doença na planta, A escala diagramática foi elaborada em quatro níveis (Figura 1).

#### **Inserir Figura 1**

O início das avaliações foi em 08/02/ 2000, quando as árvores estavam com mais de três anos. A presença ou ausência do cancro e sua evolução em cada árvore, foram registrados, obtendo-se um mapa de cada povoamento. As avaliações prosseguiram até o final do primeiro ciclo vegetativo da cultura, 2001 e 2002, quando foram obtidos mapas de incidência cumulativa, considerando-se que uma árvore doente em uma avaliação permanecerá doente nas posteriores.

Todos os dados foram registrados em planilhas do programa Microsoft Office Excel, gerando vinte e seis mapas, os quais foram utilizados para o estudo das nove variáveis da ADEF (Figura 2 A, B, C).

#### **Inserir Figura 2**

### **Análise da dinâmica de focos do cancro basal**

Um foco de doença é definido como um ponto de concentração localizada de plantas doentes ou lesões discretas, podendo ser uma fonte primária de infecção ou coincidir com uma área originalmente favorável ao estabelecimento da doença (38) e tendem a influenciar no padrão posterior de transmissão da doença. Similarmente, um grupo pode ser definido como um número de plantas doentes agrupadas entretanto, apesar dos dois termos serem sinônimos é interessante entender que um foco de doença pode consistir de uma única planta doente e um grupo, por sua vez, prediz uma ou mais de uma planta doente (38, 31).

O estudo da dinâmica e estrutura de focos do cancro basal em *E. grandis* foi realizado a partir dos vinte e seis mapas cumulativos das avaliações da doença nos três povoamentos. No monitoramento da doença, considerou-se que só compartilhavam o mesmo foco, as árvores com lesões na casca, que receberam notas de um a quatro, e que estavam imediatamente adjacentes no padrão de proximidade vertical, horizontal ou longitudinal, conforme metodologia empregada por Nelson (38), Laranjeira (29, 30, 31, 32) e Jesus Junior & Bassnezi (26).

Em todas as avaliações foram calculadas as seguintes variáveis da ADEF:

- (i) Número de focos (NF);
- (ii) Número de árvores em cada foco (NPF);
- (iii) Número máximo de linhas ocupadas no foco (lf);
- (iv) Número máximo de colunas ocupadas no foco (cf);
- (v) Número de focos unitários na parcela (FU);
- (vi) Número médio de árvores por foco (NMPF).

### **Análise da estrutura de focos do cancro basal**

No estudo da estrutura dos focos do cancro basal em *E. grandis*, foi quantificado o índice médio de forma de focos (IFF) e o índice médio de compactação de focos (ICF), através das equações:

$$\text{IFF} = [\sum(lf/lc)]/NF$$

Em que:

Valores de IFF = 1,0 indicam focos isodiamétricos.

Valores de IFF > 1,0 indicam focos com maior comprimento na direção entre as linhas de plantio.

Valores de IFF < 1,0 indicam focos com maior comprimento na direção da linha de plantio.

$$\text{ICF} = [\sum(NPF/lc*lf)]/NF$$

Em que:

Valores de ICF próximos a 1,0 indicam focos mais compactos, isto é, maior agregação e proximidade entre todas as plantas pertencentes ao foco (38).

Duas outras variáveis da ADEF, foram incluídas nesse estudo, quais sejam o índice médio de forma de focos não unitários (IFFNU) e o índice médio de compactação de focos não unitários (ICFNU). Essas variáveis foram aplicadas por Jesus Junior & Bassanezi (26) para reduzir a provável influência dos focos unitários no cálculo dos índices propostos por Nelson (38). Todas essas variáveis calculadas foram relacionadas com a incidência das árvores com sintomas do cancro basal nos três povoamentos de *Eucalyptus grandis*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise da dinâmica dos focos

A incidência do cancro basal de eucalipto, nos três tipos de solo, gerou vinte e seis mapas, que representam a situação espacial da doença (Figura 2 A, B, C). Esses mapas foram avaliados em conjunto e calculado as variáveis da dinâmica dos focos (Tabela 1, Figura 3).

**Inserir Figura 2 A, B, e C**

**Inserir Tabela 1**

**Inserir Figura 3**

Na dinâmica dos focos a análise das variáveis NFM, NFM<sub>2</sub> e NMF observa-se, uma ascendência dos pontos (Figura 4, A,B,C) enquanto que verifica uma descendência dos pontos nas variáveis FU e %FU em função da proporção do cancro basal. Os dados dos três povoamentos em conjunto apresenta a formação de dois grupos distintos de pontos ou seja, duas situações (Figura 4 D, E)

**Inserir Figura 4**

O primeiro grupo está relacionado à proporção do cancro basal estimado em até 0,15%, que apresenta NFM, NFM<sub>2</sub> e NMF menores, mas apresenta FU e %FU maiores (Figura 4). Esses pontos representam as parcelas do povoamento de *E. grandis* implantados em solos Lm2 (26 a 35% de argila), o que parece indicar que a doença, mesmo com incidências baixas, inicia-se por focos unitários.

O segundo grupo está relacionado com uma proporção do cancro basal estimada acima de 0,15% apresentando NFM, NFM<sub>2</sub> e NMF maiores (Figuras 4,A, B, C), mas FU e %FU menores (Figura 4 D, E). Esses pontos representados pelas parcelas dos povoamentos de *E. grandis* implantados em solos AQ1 e AQ3 com percentual de areia de 85 a 90% (Figura 3).

A análise das variáveis NFM<sub>2</sub> e NMF (Figura 4B), os pontos obtidos foram semelhantes entre si e com uma fase ascendente acentuada, representando uma relação entre a proporção estimada de cancro basal e essas variáveis, ou seja, quando a proporção estimada de cancro é inferior a 0,15%, tem-se menor NFM<sub>2</sub> e NMF. Entretanto, a medida que aumenta o teor de areia dos solos (Figura 3) ocorre aumento da proporção do cancro e, consequentemente, NFM<sub>2</sub> e NMF (Figuras 4, B, C).

Segundo Laranjeira (32), variáveis da ADEF que apresentam curvas com coalescência de focos, podem ser atribuídos a focos de maior tamanho. Nesse estudo os pontos muito próximos ocorreram devido aos dados nos três anos de avaliação possuírem os mesmos valores de incidência, e indica que o cancro basal tem lenta evolução de um ano para outro (Figura 3).

Entretanto, foi observado nos povoamentos dos solos AQ1e AQ3, com menor percentual de argila ocorreu maior proporção de cancro (Figura 3), os focos foram de maior tamanho, o que reforça os resultados obtidos com a metodologia da lei de potência binária, quando quadrats de 5x10 apresentaram para o solo AQ3 valor de  $b=3,39$  e o solo AQ1 o valor de  $b$ , foi 3,72.

Maior incidência do cancro em *E. grandis* nos solos do município de Altinópolis, foi detectado por Auer & Krugner (2), os autores encontraram correlação positiva do componente argila mais silte com a incidência da doença e sugerem que o solo pode influenciar a incidência do cancro do eucalipto. Esses resultados contribuem com o estudo da ADEF aplicados ao cancro do eucalipto no presente trabalho.

Os cálculos das variáveis FU e %FU apresentaram pontos plotados de forma descendente (Figura 4 D, E), o maior percentual de FU (82,45 a 62,68%) ocorreu com menor proporção de cancro, fato ocorrido no povoamento do solo LEm2 (26 a 35% de argila), nesse

tipo de solo com menor teor de areia, a maioria das árvores com cancro basal foram distribuídos em focos unitários. Entretanto, solos com maior percentual de areia (AQ1 e AQ3) (10 a 15% de argila) a proporção de cancro estimado foi entre 0,15 a 0,27, o percentual de FU esteve entre 42 e 58% (Figura 3).

Observa-se que na faixa de proporção do cancro basal acima de 0,15% o número de focos com mais de duas árvores foi maior, ou seja, o NMPF aumentou com o aumento da proporção de árvores com os sintomas de cancro. O que indica disseminação da doença planta a planta e causa maior proximidade de árvores com sintomas, à medida que eleva a proporção do cancro (Figura 4 C).

Em 89,1% dos mapas com registro da evolução espacial do cancro, os focos apresentaram tamanho médio inferior a 10 árvores, sendo que 10,9 % dos focos tiveram tamanhos entre 11 a 30 árvores; nenhum foco foi formado acima de 30 árvores. Focos grandes focos, de 11 a 30 árvores, só foram observados nos povoamentos de solos com maior teor de areia e proporção do cancro acima de 0,2% (Figura 4 A e B). Esses resultados dão suporte ao estudo do índice de dispersão e da lei de potencia binária do cancro basal, no capítulo I.

A análise conjunta dos dados permite sugerir que o início do cancro basal, em solos arenosos, ocorre em árvores isoladas, focos unitários o que sugere, inicialmente que a disseminação do patógeno ocorreu através de mudas e, posteriormente, pelos ascósporos; daí em diante, a evolução do cancro é lenta e ocorre na própria árvore ou, no máximo, na árvore vizinha.

Nos maciços de eucaliptos é freqüente ocorrerem rachaduras ou trincas minúsculas próximo à interface solo planta, Essas trincas podem ser devidos à causa natural, ventos ou podem ser causados por deficiência de boro e/ou ataque de insetos, e pequenos animais na mata como roedores (11, 28).

Essas trincas são consideradas aberturas naturais e podem favorecer a penetração dos patógenos na árvore, inicialmente de forma aleatória e à medida que vão surgindo novas trincas na base do tronco das árvores vizinhas ou próximas dentro do talhão, aumenta a agregação das árvores com sintomas determinada por um aumento lento do número médio de árvores por foco (NMPF).

Os resultados da dinâmica de focos do cancro basal permitem caracterizar que, essa é uma doença com lenta dispersão espacial para as condições do município de Luis Antônio, SP, e que ocorre em baixa incidência, mas com tendência a agregação principalmente nos solos com maior teor de areia AQ1 e AQ3 (10 a 15% de argila).

### **Análise da estrutura de focos**

O estudo da interpretação da forma e compactidade dos focos do cancro basal em eucaliptos foi realizado através dos cálculos do índice de forma de focos (IFF), índice de forma de focos não unitários (IFFNU), índice médio de compactação de focos (ICF) e índice médio de compactação de focos não unitários (ICFNU) (Tabela 2).

### **Inserir Tabela 2**

Os valores do índice de forma de focos (IFF), quando analisados em conjunto, apresentaram-se em dois grupos distintos (Figura 5 A). A região de menor proporção do cancro, representada pelo solo LEm<sub>2</sub>, apresentou IFF próximos de 1, com média de 0,99 e desvio padrão de (0,06), o que indica que, nesses solos, o cancro basal ocorreu em baixa incidência (Figura 5 A), com focos isodiamétricos.

### **Inserir Figura 5**

Valores de IFF iguais a 1 e maiores que 1 ocorreram em povoamentos com proporção de doença acima de 0,2%, ou seja, nos solos AQ1 e AQ3 com maior teor de areia (Figura 5); a média de IFF foi de 1,1 e o desvio padrão foi de (0,08), indicam focos com maior comprimento na direção da linha de plantio (Figura 5 A).

Esses resultados sugerem haver crescimento maior do número de linhas ocupadas pelo foco, em detrimento do crescimento do foco e do número de plantas na mesma linha.

Na prática de manejo dos povoamentos de eucalipto, a presença de máquinas que transitam dentro da linha de plantio pode contribuir para a disseminação da doença. Explicando, dessa forma, o valor do IFF e a análise da potência binária, quando quadrat com maior número de linhas 5x10 apresentaram valores de  $R^2$  0,96, 0,92 e 0,94 nos três povoamentos independentes do tipo de solo.

Quando os focos unitários foram eliminados no cálculo do IFFNU, 80,8% dos casos apresenta IFFNU maiores que um (Figura 5 B). Isso porque, o cálculo de IFF de um foco unitário é sempre igual a 1, invariavelmente, quando o percentual de focos unitários de uma doença é maior que os focos com mais de uma planta o cálculo do (IFF = 1), como nesse estudo 54,58% dos focos são unitários.

A tendência dos valores de IFF serem próximos a 1 e com menor variação (média = 0,99, desvio padrão da média = 0,03). Portanto, o cálculo do IFFNU permite melhor visualização da forma dos demais focos e interpretação do modo de disseminação da doença entre as plantas (4, 26).

Com base na análise do índice médio de compactação dos focos (ICF) e índice médio de compactação de focos não unitários (ICFNU) observa-se que, com o aumento da proporção do cancro basal, houve diminuição no (ICF) e no (ICFNU) (Figura 5 CD).

A compactidade dos focos não unitários foi menor (média= 0,66, desvio padrão da média= 0,048) do que quando se consideraram também os focos unitários que, na média, resultaram em ICF (média= 0,85 e desvio padrão da média = 0,07). Dessa forma, para o ICFNU, os pontos estão mais distantes de 1, independentes da proporção do cancro basal, sendo que, para o ICF com a menor proporção do cancro os pontos ficaram mais próximos de 1 (Figura 5 C, D).

Focos mais compactos, com maior agregação e proximidade entre todas as plantas pertencentes ao foco possuem valores de ICF próximos a 1 Nelson (38). Desse modo a diminuição no ICF e principalmente no ICFNU indica que os focos maiores tendem a ser

menos compactos que os focos menores. Isso de fato ocorreu nos povoamentos de solos com maior teor de areia e proporção do cancro acima de 0,2% (Figura 5 C).

Verifica-se que após a ocorrência natural da doença em um povoamento, os novos focos ou a coalescência de focos é muito lenta. A disseminação parece ocorrer pelas condições naturais como respingos de chuva do inóculo presente no ambiente como também, através de mudas, sugerindo que a disseminação do cancro não ocorre necessariamente de forma contínua e homogênea ao redor da primeira árvore afetada.

Esse mecanismo, provavelmente, é explicado devido ao complexo de fungos, envolvidos com a doença, ser disseminado pelo vento, através dos ascósporos e posteriormente os picnídios que se abrem liberando uma massa que envolve os conídios; gotículas de chuvas e insetos são responsáveis pela disseminação (13, 27, 28).

No caso dos fungos caracterizados por formar picnídios, os seus conídios são dispersos por respingos de chuva e são transmitidos por sementes. A infecção das sementes pelo fungo é governada basicamente por processos físicos que envolvem o transporte dos esporos pelos respingos da chuva até as estruturas florais. Enquanto que a transmissão do fungo da semente para a plântula é influenciada fortemente por propriedades físicas do solo e por fatores biológicos, que ocorrem durante a emergência. Tipicamente, a transmissão por sementes origina uma pequena proporção de plântulas doentes, esses fungos podem causar epidemias poliéticas originadas mesmo de pequenos focos (49).

Camargo (8) utilizou outras técnicas de análise espacial de epidemia do cancro do eucalipto causado por *C. cubensis* e enfatiza que, para as condições de São Paulo, embora o cancro seja uma doença teoricamente de juro composto e também poliética, sua dinâmica é muito lenta, podendo assumir características de doenças de juro simples.

A redução na compacidade dos focos, com o aumento da incidência foi detectada na morte súbita dos citros (26). Sendo que os autores sugerem que focos maiores de MSC tendem a ser menos compactos, a disseminação dessa doença em citros não ocorre de forma homogênea e contínua ao redor da primeira planta afetada, sendo um padrão similar aos causados por agente infeccioso transmitido por vetores (20, 31). Enfatizam também que essa

disseminação de patógenos normalmente ocorre de maneira não homogênea a partir de uma planta doente, o que acarreta em focos menos compactos.

A dinâmica e estrutura de focos ADEF do cancro basal de *E. grandis*, implantados em solos arenosos, permite conhecer o modo como ocorre o desenvolvimento espacial da doença. Os resultados obtidos parecem indicar que a ocorrência natural do cancro na região do estudo apresentou um número maior de focos unitários no povoamento de menor incidência (Figura 2 C), caracterizado pelo solo LEm2 (26 a 35% de argila); número reduzido de árvores por foco; menor compactidade nos focos maiores, caracterizado nos povoamento de solos AQ1 e AQ3 (10 a 15% de argila), onde a proporção de doença foi acima de 0,2%, originando focos com maior comprimento em direção à linha de plantio (Figura 2 B).

Nos povoamentos estudados, os valores médios de ICF (0,85) e ICFNU (0,66) indicam que a dinâmica espacial do cancro basal em *E. grandis*, tem leve tendência à compactação, assim, a textura do solo é um dos fatores abióticos que parece influenciar a incidência e dispersão espacial do cancro basal em *E. grandis*, numa tendência à agregação dos focos.

Os resultados obtidos pelas variáveis da ADEF complementam e corroboram aos obtidos pelos métodos de índice de dispersão e Lei de potencia binária. A ADEF, apesar de relativamente nova, foi adequada ao estudo da dinâmica espacial do cancro basal em eucaliptos implantados em solos arenosos em São Paulo.

## **AGRADECIMENTOS**

A empresa Votorantin Celulose e Papel (VCP), pelo apoio logístico de parte desse trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRAF - Associação Brasileira Florestal dos Produtores de Florestas Plantadas. Disponível em: [www.abraflor.org.br/estatistica/anuario-ABRAF-2007.pdf](http://www.abraflor.org.br/estatistica/anuario-ABRAF-2007.pdf) acesso em 13/08/2007.
2. AUER, C. G.; KRUGNER, T. L. Influência do Solo na incidência de cancro em *Eucalyptus grandis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, 34: 65-73, 1997.
3. 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** 55: 4, 577-577, 2006.
4. BASSANEZI, R.B.; BERGAMIN FILHO, A; AMORIM, L; GIMENES-FERNANDES, N; GOTTWALD, T. R; BOVÉ, J. M. Spatial and temporal analyses of citrus sudden death as a tool to generate hypotheses concerning its etiology. **Phytopathology** 93:502-512. 2003.
5. BERGAMIMIN FILHO, A.; HAU, B; AMORIM, L; JESUS JUNIOR, W.C. Análise espacial de epidemias. In: Vale F. R.; Jesus Junior, W.C; Zambolim, L. (Eds.) **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Editora Perffil, 2004. pp. 193-240.
6. BERGAMIN FILHO. A.; AMORIM, L; GOTTWALD, T. T; LARANJEIRA, F.F. Spatial distribution of citrus canker in São Paulo – Brazil. Book of Abstracts, VIII **Internacional Workshop on Plant Disease Epidemiology**, Ouro Preto, Brazil. 2001. p.29.
7. CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L.V. Introduction to plant disease epidemiology. York: **J. Wiley**. 1990. 532 p.

8. CAMARGO, L.E.A. **O cancro do eucalipto causado por *Cryphonectria cubensis*: sua dinâmica, quantificação e perdas avaliadas em um plantio de *Eucalyptus grandis*.** Piracicaba, ESALQ/USP, Dissertação de Mestrado, 98p. 1989.
9. CHELLEMI, D. O.; ROHRBACH, K.G; YOST, R.S; SONODA, R.M. Analysis of the spatial pattern of plant pathogens and disease plants using geostatistics. **Phytopatology**, 78 (2): 2211-226, 1988.
10. DAVISON, E. M.; TAY, F.C.S. Twig, branch and upper trunk cankers of *Eucalyptus marginata*. **Pant Dis**. 67: 1281-287, 1983.
11. FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. **Manual de Campo Plagas Y enfermedades de Eucaliptos Y Pinos em al Uruguay**. 173p. Disponível em: [www.mgap.gub.Uy/Forestal/Fao.Manualdecampo.pdf](http://www.mgap.gub.Uy/Forestal/Fao.Manualdecampo.pdf) Acesso em 13/08/2007.
12. FERRANDINO, F. J. Two-dimensional distance class analyses of disease-incidence data: problems and possible solutions. **Phytopathology**, 86 (7): 685-691, 1996.
13. FERREIRA, F. A. **Patologia florestal; principais doenças florestais do Brasil**. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570p.
14. FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C; ANDRADE, J.O. M. O cancro do eucalipto e sua influência sobre a qualidade da celulose Kraft. **Cenibra Pesquisa**, 58:1-34, 1978.
15. FURTADO, E. L. Material didático, disponível em: [www.fca.unesp.br/intranet/furtado.pdf](http://www.fca.unesp.br/intranet/furtado.pdf). Acesso em 20 de Setembro de 2006.
16. GIBSON, G. V.; AUSTIN, E. J. Fitting and testing spatiotemporal stochastic models with application in plant epidemiology. **Plant Pathology**, 45: 1172-1184, 1996.

17. GOTTWALD, T.R.; GIDTTI, F.B; SANTOS, J.M; CARVALHO, A.C. Preliminary spatial and temporal analysis of citrus variegated chlorosis (CVC) in São Paulo, **Brazil Proceedings, 12<sup>th</sup> I.O.C.V. Conference**, Campinas, Brazil. 1993. pp.327-335.
18. GOTTWALD, T. R.; AVINENT, L. Analysis in the spatial spread of sharka (*plum pox virus*) in apricot and peach orchards in eastern Spain. **Plant Disease**, 79:266-278, 1995.
19. GOTTWALD, T. R.; CAMBRA, M; MORENO, P; CAMARASA, E; PIQUER, J. Spatial and temporal analyses of citrus tristeza virus in eastern Spain. **Phytopathology** 86:45-55. 1996.
20. GOTTWALD, T. R.; GIBSON, G.J; GARNSEY, S.M; IREY, M. Examination of the effect of aphid vector population composition on the spatial dynamics of citrus tristeza virus spread by stochastic modeling. **Phytopathology** 89:603-608.1999.
21. HUGHES, G.; MADDEN, L. V. Aggregation and incidence of disease. **Plant Pathology** 41:657-60. 1992.
22. HUGHES, G.; McROBERTS, N; MADDEN, L.V; NELSON, S.C. Validating mathematical models of plant-disease progress in space and time. **IMA Journal of Mathematics Applied in Medicine and Biology** 14:85-112. 1997.
23. 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**, 63(3):216-220.1979.
24. HODGES, C.S.; REIS, M.S; FERREIRA, F.A; HEMFLING, J.D.M. O cancro do eucalipto causado por *Diaporthe cubensis*. **Fitopatologia Brasileira**, 1:129-170.1976.

25. INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: [www.inmet.gov.br/html/agro.html](http://www.inmet.gov.br/html/agro.html).
26. JESUS JUNIOR, W. C.; BASSANEZI, R.B. Análise da dinâmica e estrutura de focos da morte súbita dos citros. **Fitopatologia Brasileira** 29: 399-405. 2004.
27. KRUGNER, T.L.; CANEVA, R. A; TOMAZELLO FILHO, M. Seca de ramos em plantas enxertadas de eucaliptos no Estado do Espírito Santo. **IPEF** 6:69-75, 1973.
28. KRUGNER, T.L.; AUER, C. G. Doenças dos Eucaliptos. In: Kimati, H; Amorim, L Rezende, J.A. M; Bergamin Filho, A. Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas, 4<sup>a</sup> ed. São Paulo: **Agronômica Ceres**, .2, 320-333. 2005.
29. LARANJEIRA, F. F. **Dinâmica espacial e temporal da clorose variegada dos citros**. Piracicaba, ESALQ/USP. Dissertação de Mestrado. 1997.
30. LARANJEIRA, F. F.; AMORIM, L; BERGAMIN FILHO, A; BERGER, R.D; HAU, B. Análise espacial do amarelecimento fatal do dendezeiro como ferramenta para elucidar sua etiologia. **Fitopatologia Brasileira** 23:397-403. 1998.
31. LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIN FILHO, A; AMORIM, L. Dinâmica e estrutura de focos da clorose variegada dos citros (CVC). **Fitopatologia Brasileira** 23:36-41. 1998.
32. LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIN FILHO, A; AMORIM, L; GOTTWALD, T. R. Dinâmica Espacial da Clorose Variegada dos Citros em Três Regiões do Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira** 29:56-65.2004.
33. MADDEN L.V.; NAULT, L.R; MURRAL, D.J; APELT, M.R. Spatial pattern analysis of the incidence of aster yellows disease in lettuce. **Res. Popul. Ecol.** 37:279-89. 1995.

34. MADDEN L.V.; HUGHES, G. Plant disease incidence: distributions, heterogeneity and temporal analysis. **Annu. Rev. Phytopathol.** 33: 529-64. 1995.
35. MALAVOLTA, E.; TRANI, P.E; ATHAYDE, M.F; BRAGA, N.R; NOGUEIRA, S.S; MORAES, S.A. Nota sobre deficiência e toxidez de boro em espécies cultivadas do gênero *Eucalyptus*. **Revista da Agricultura**, .53 (.4) 243-246, 1978.
36. MYBURG, H.; GRYZENHOUT, M; WINGFIELD, B.D; WINGFIELD, M. J. Conspicuity of *Endothia eugeniae* and *Cryphonectria cubensis*: a re-evaluation based on morphology and DNA sequence data. **Mycoscience** 44:187-196, 2003.
37. NELSON, S. C. Spatiotemporal distance class analysis of plant disease epidemics. **Phytopathology**. V.85, n.1. p.37-43, 1995.
38. NELSON, S.C. A simple analysis of disease foci. **Phytopathology** 86:332-339.1996.
39. NUNES, W.M. de C.; MACHADO, M. A; CORAZZA-NUNES, M. J; FURTADO, E. L. Dinâmica espacial de foco da clorose variegada dos citros (CVC) avaliada por meio da sintomatologia e serologia. **Acta Scientiarum**, 23 (5): 1215-12119, 2001.
40. 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*. **Aust. J. Bot.** 38:571-581, 1990.
41. OLD, K.M.; WINGFIELD, M.J; YUAN, Z.Q. **A manual of diseases of Eucalyptus in South-East Ásia**. Center for International Forestry Research, 106p. 2003.
42. OLIVEIRA, R.R.; Furtado E.L. Relatório de Iniciação científica PIBIC/FCA/UNESP .2002.

43. PÉREZ-VERA, O. A.; YAÑEZ-MORALES, M.de J; ALVARADO-ROSALES, D; CIBRIÁN-TOVAR, D; GARCÍA-DÍAZ, S.E. Hongos asociados a eucalipto, *Eucalyptus grandis* Hill: Maid **Agrociencia**, 39:311-318, 2005.
44. 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** 54, 460-470. 2005.
45. RIDOUT, M. S.; XU, X. M. Relationships between several quadrat-based statistical measures used to characterize spatial aspects of disease incidence data. **Phytopathology** 90 (6):568-575, 2000.
46. RIDOUT, M. S.; DEMÉTRIO, C. G. B; FIRTH, D. Estimating interclass correlation for binary data. **Biometrics** 55 (1):137-148, 1999.
47. SANTOS, C.A.G. Estudos epidemiológicos da ferrugem do eucalipto causado por *Puccinia psidii* em plantios irrigados, Botucatu, FCA/UNESP Dissertação de Mestrado. 2006.
48. 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** 18: 39-45, 2004.
49. SHAH, D. A.; BERGSTROM, G. C. Epidemiologia e manejo de patógenos transmitidos por sementes, com ênfase nos fungos que formam picnídios. **Revisão Anual de Patologia de Plantas** 8:339-364, 2000.
50. SHEARER, B.L.; TIPPETT, J.Y.; BARTLE, J.R. *Botryosphaeria ribis* infection associated with the death of *Eucalyptus radiata* in species section trials. **Plant disease**, 71:140-145, 1987.

51. 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** 21(4):482-485, 1996.
52. SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N; KRUGNER, T. L. Estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* Hook cultivado sob deferentes doses de boro e sua relação com a agressividade de *Botryosphaeria ribis*. **Scientia Forestales** 53:57-70, 1998.
53. TAYLOR, L.R. Aggregation, variance and the mean. **Nature** 189:732-735. 1961.
54. VAN DE LANDE, H. L. Spatio-temporal analysis of spear rot and marchitez sorpresiva in African oil plam in Surinam. **Netherlands Journal of Plant Pathology** 99:129-138, 1993.
55. WINGFIELD A. J. Increasing threat of diseases to exotic plantation forests in the Southern Hemisphere: lessons *Cryphonectria* canker. **Australasian Plant Pathology** 32, 133-139, 2003.



Nível 0: Árvore sadia.



Nível 1: Árvores com cancos superficiais, sem o comprometimento significativo da região cambial.



Nível 2: Árvores com danos mais pronunciados, mostrando algum comprometimento da região cambial.



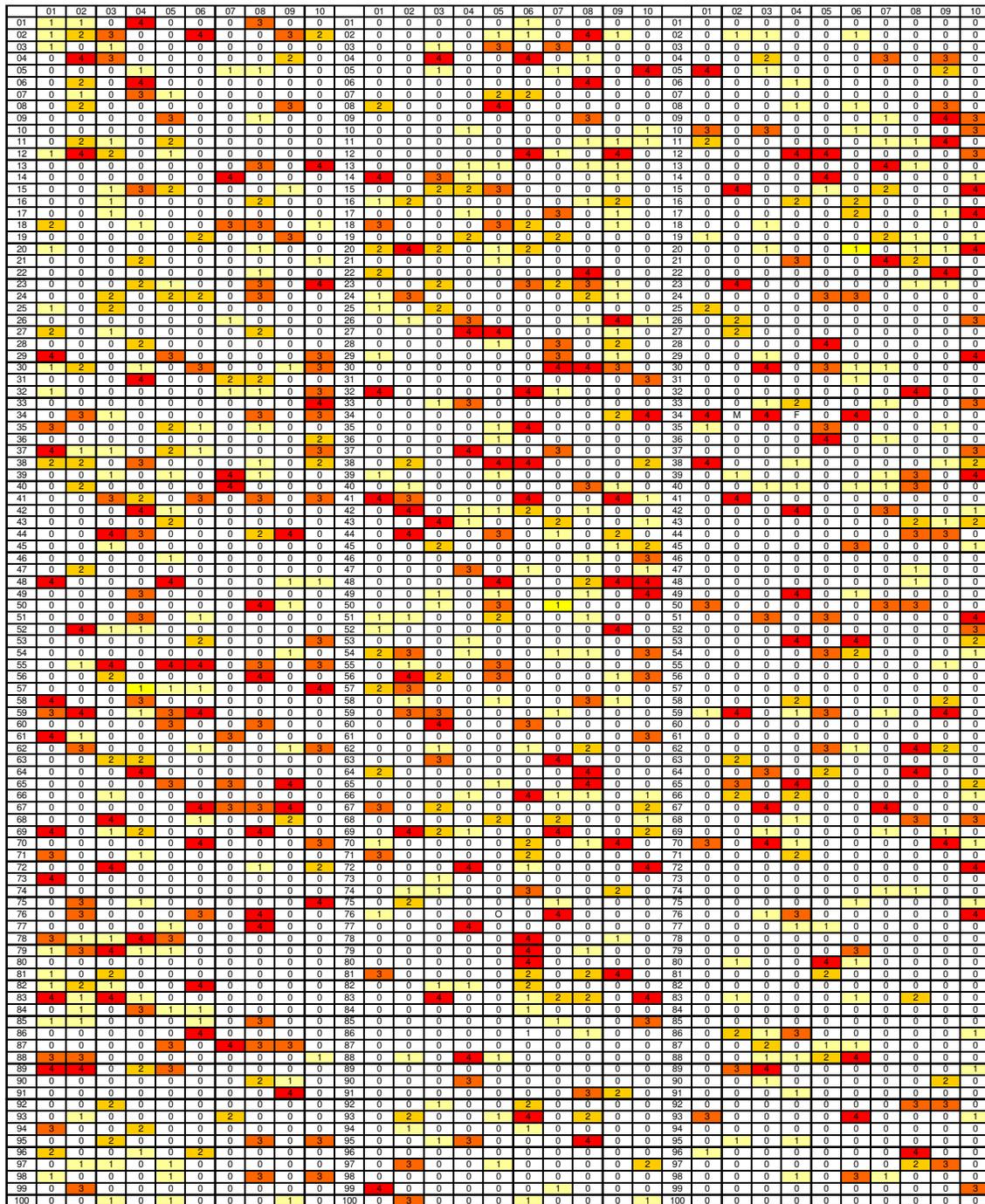
Nível 3: Árvores com danos severos, comprometimento acentuado da região cambial e do lenho.

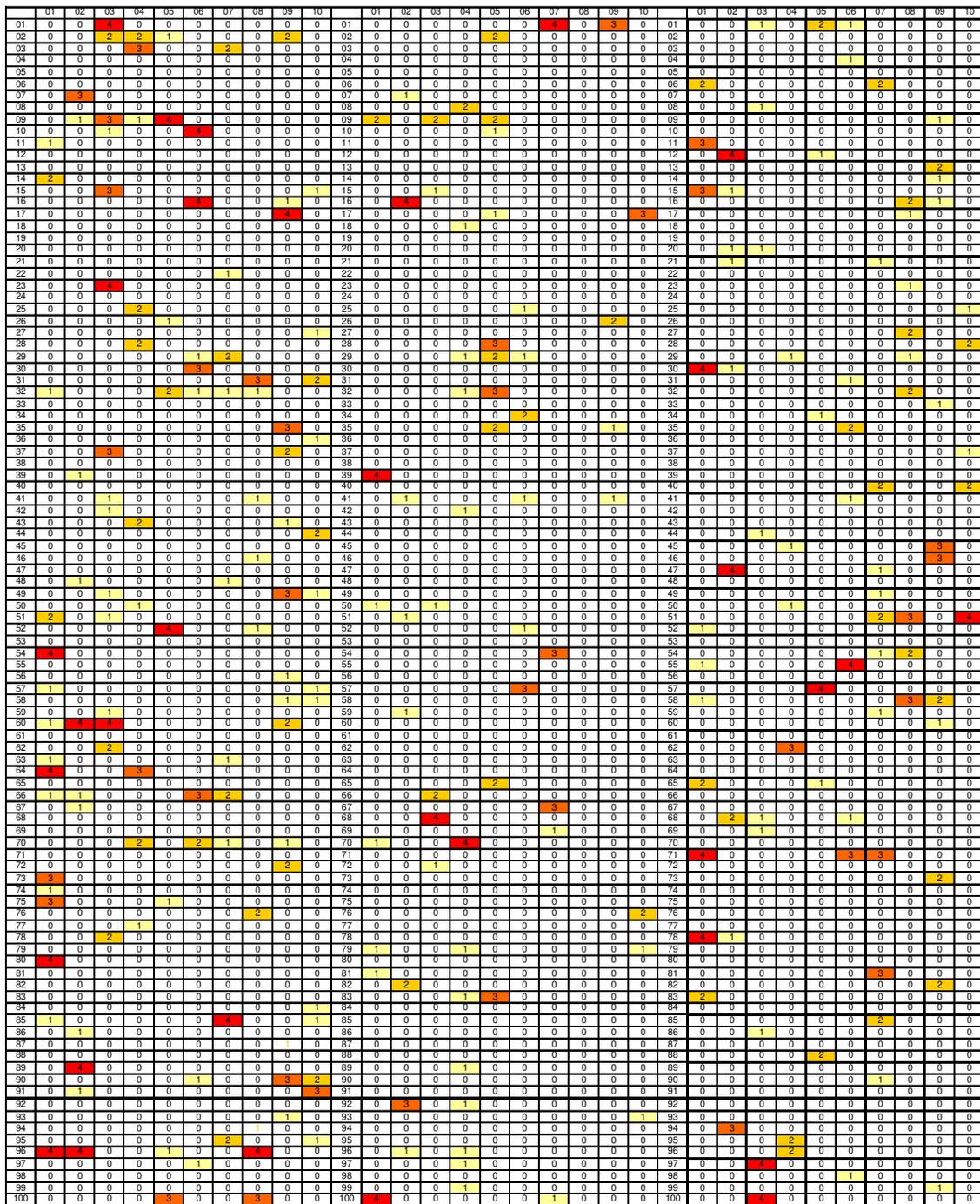


Nível 4: Árvore morta pelo cancro.

**Figura 1.** Escala diagramática com categorias de severidade de ataque para o cancro basal do Eucalipto (Oliveira & Furtado, 2000).







**Figura 2C.** Mapas da evolução espacial do cancro basal de *Eucalyptus grandis*, nas parcelas I, II e III do solo LEm2 (26 a 35% de argila). Cada quadrado representa uma árvore, sendo que o quadrado branco representa a árvore sadia, os quadrados amarelo, laranja, vermelho e vermelho escuro, representam árvores com cancro basal nos níveis de severidade 1, 2, 3 e 4.

**Tabela 1.** Análise da dinâmica de focos do cancro basal em *Eucalyptus grandis* em solos arenosos da Região de Luis Antônio, São Paulo.

Solo	Ano	Parcela	Incidência	NFM* <sup>1</sup>	NFM* <sup>2</sup> <sub>2</sub>	NFU* <sup>3</sup>	%NFU* <sup>4</sup>	NMPF* <sup>5</sup>
AQ1. 2000		1	0,244	73	35	38	52,05	3,4
		2	0,186	78	42	36	46,15	2,38
		3	0,218	83	37	46	55,4	2,63
AQ1. 2001		1	0,226	63	34	29	46,03	3,58
		2	0,180	76	42	34	45,45	2,36
AQ1. 2002		1	0,224	63	34	29	46,03	3,58
		2	0,180	76	42	34	45,45	2,36
		3	0,223	82	37	45	54,87	2,72
AQ3. 2000	Parcela	Incidência	NFM	NFM <sub>2</sub>	NFU	%NFU	NMPF	
	1	0,271	84	47	37	44,04	3,23	
	2	0,270	66	37	29	43,94	4,10	
	3	0,213	79	43	36	45,57	2,69	
AQ3. 2001		1	0,273	85	47	38	44,71	3,2
		2	0,272	68	37	31	45,58	4,0
		3	0,215	80	43	37	46,25	2,68
AQ3. 2002		1	0,273	85	47	38	44,71	3,2
		2	0,272	68	37	31	45,58	4,0
		3	0,216	80	44	36	45,0	2,7
LEm2. 2000	Parcela	Incidência	NFM	NFM <sub>2</sub>	NFU	%NFU	NMPF	
	1	0,116	66	25	41	62,12	1,73	
	2	0,063	48	10	38	79,16	1,31	
	3	0,088	63	19	44	69,84	1,39	
LEm2. 2001		1	0,092	62	17	45	72,58	1,52
		2	0,074	57	10	47	82,45	1,29
		3	0,088	63	19	44	69,84	1,39
LEm2. 2002		1	0,092	62	17	45	72,58	1,48
		2	0,075	58	10	48	82,45	1,29
		3	0,088	64	20	44	68,75	1,37

\*<sup>1</sup> NFM = Número médio de de focos/1000 árvores

\*<sup>2</sup> NFM<sub>2</sub> = Número de focos com mais de duas árvores/1000 árvores

\*<sup>3</sup> NFU = Número de focos unitários/1000 árvores

\*<sup>4</sup> %NFU = Percentual de focos unitários/1000 árvores

\*<sup>5</sup> NMPF = Número médio de plantas no foco/1000 árvores

**Tabela 2.** Análise da estrutura de focos do cancro basal em *Eucalyptus grandis* em solos arenosos da Região de Luís Antônio, São Paulo.

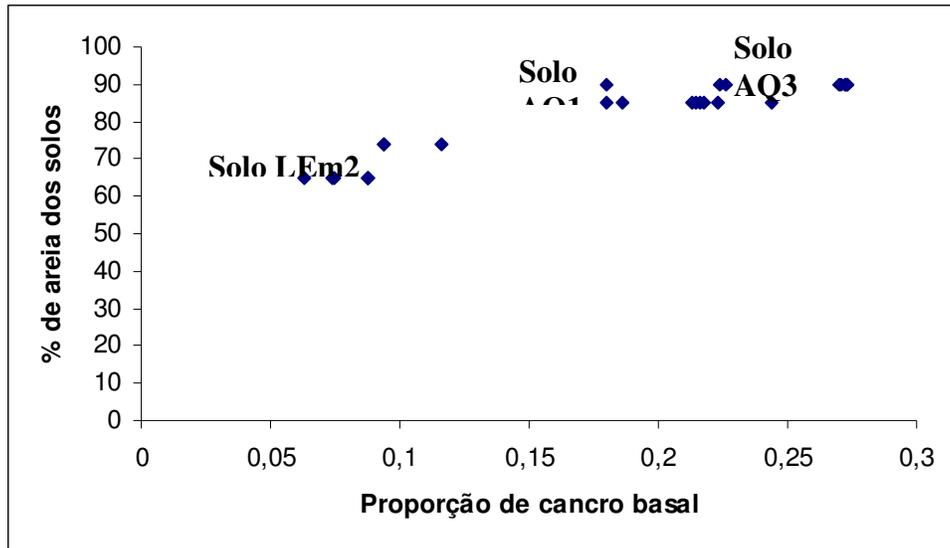
Solo	Ano	Parcela	Incidência	IFF* <sup>1</sup>	ICF* <sup>2</sup>	IFFNU* <sup>3</sup>	ICFNU* <sup>4</sup>
AQ1. 2000		1	0,244	1,142	0,834	1,296	0,666
		2	0,186	1,025	0,801	1,047	0,631
		3	0,218	1,148	0,827	1,336	0,612
AQ1. 2001		1	0,226	1,167	0,826	1,309	0,659
		2	0,180	1,023	0,824	1,042	0,681
AQ1. 2002		1	0,224	1,180	0,824	1,364	0,674
		2	0,180	1,023	0,826	1,042	0,681
		3	0,223	1,156	0,819	1,345	0,598
AQ3. 2000	Parcela	Incidência	IFF	ICF	IFFNU	ICFNU	
		1	0,271	1,079	0,811	1,143	0,663
		2	0,270	1,123	0,767	1,218	0,586
	3	0,213	1,088	0,838	1,163	0,703	
AQ3. 2001		1	0,273	1,069	0,821	1,125	0,675
		2	0,272	1,093	0,784	1,171	0,603
		3	0,215	1,115	0,862	1,192	0,719
AQ3. 2002		1	0,273	1,069	0,821	1,125	0,677
		2	0,272	1,093	0,784	1,171	0,603
		3	0,216	1,115	0,855	1,186	0,714
LEm2. 2000	Parcela	Incidência	IFF	ICF	IFFNU	ICFNU	
		1	0,116	1,054	0,879	1,143	0,681
		2	0,063	1,004	0,915	1,016	0,594
	3	0,088	0,981	0,925	0,991	0,678	
LEm2. 2000		1	0,092	1,038	0,921	1,141	0,711
		2	0,074	0,994	0,941	0,966	0,661
		3	0,088	0,982	0,925	0,991	0,678
LEm2. 2002		1	0,092	1,039	0,921	1,141	0,711
		2	0,075	0,994	0,942	0,966	0,661
		3	0,088	0,982	0,925	0,991	0,678

\*<sup>1</sup>IFF = Índice de forma de focos/1000 árvores

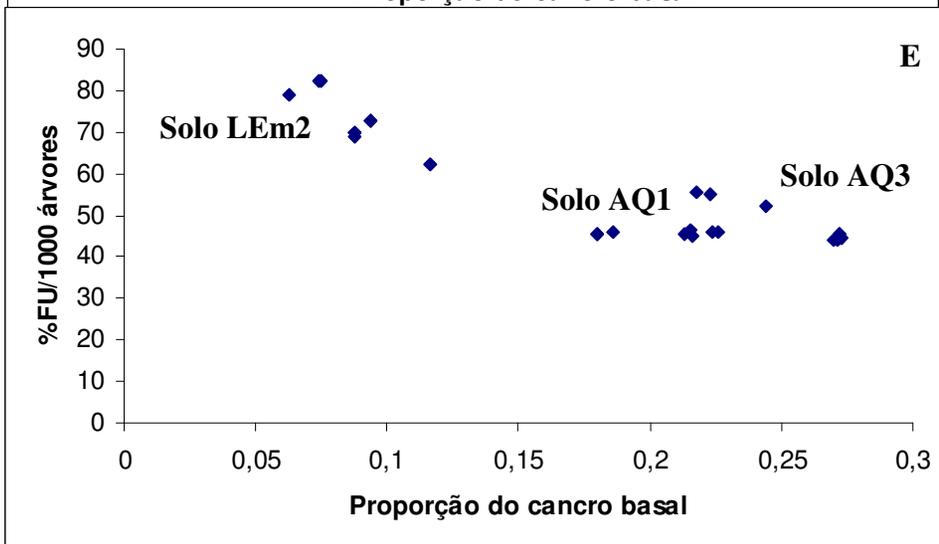
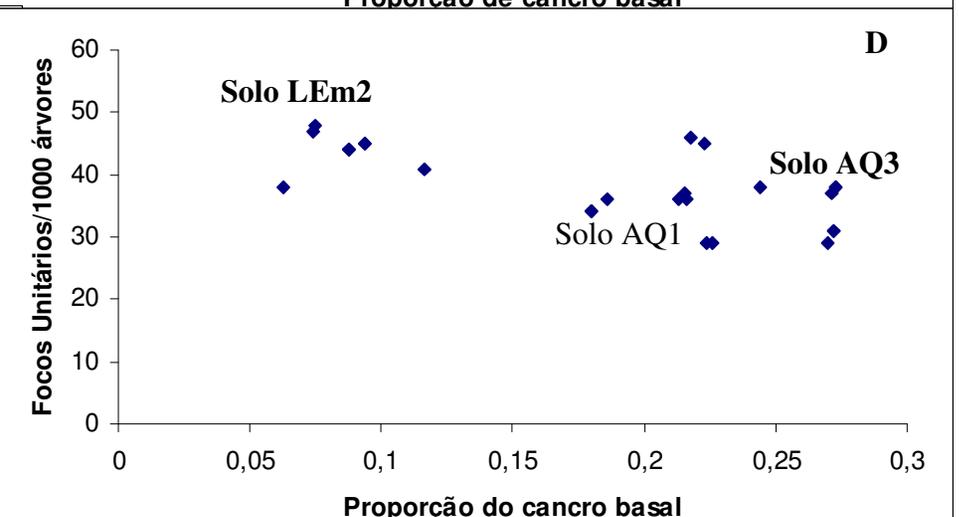
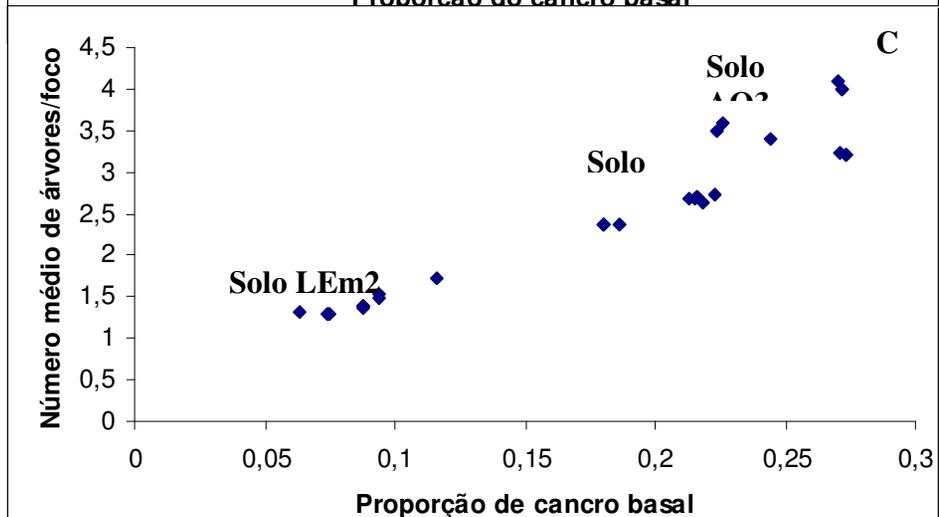
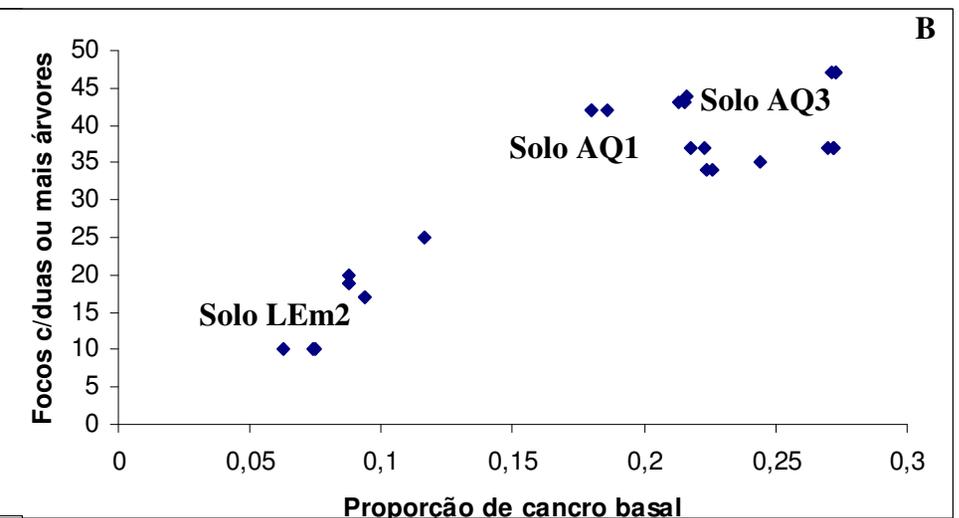
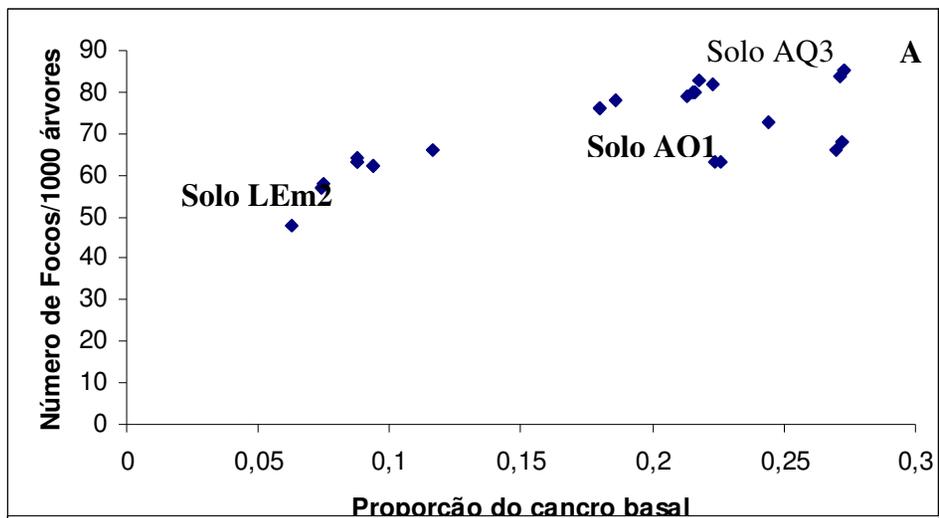
\*<sup>2</sup>ICF = Índice de compactação de focos/1000 árvores

\*<sup>3</sup>IFFNU = Índice de forma de focos não unitários/1000 árvores

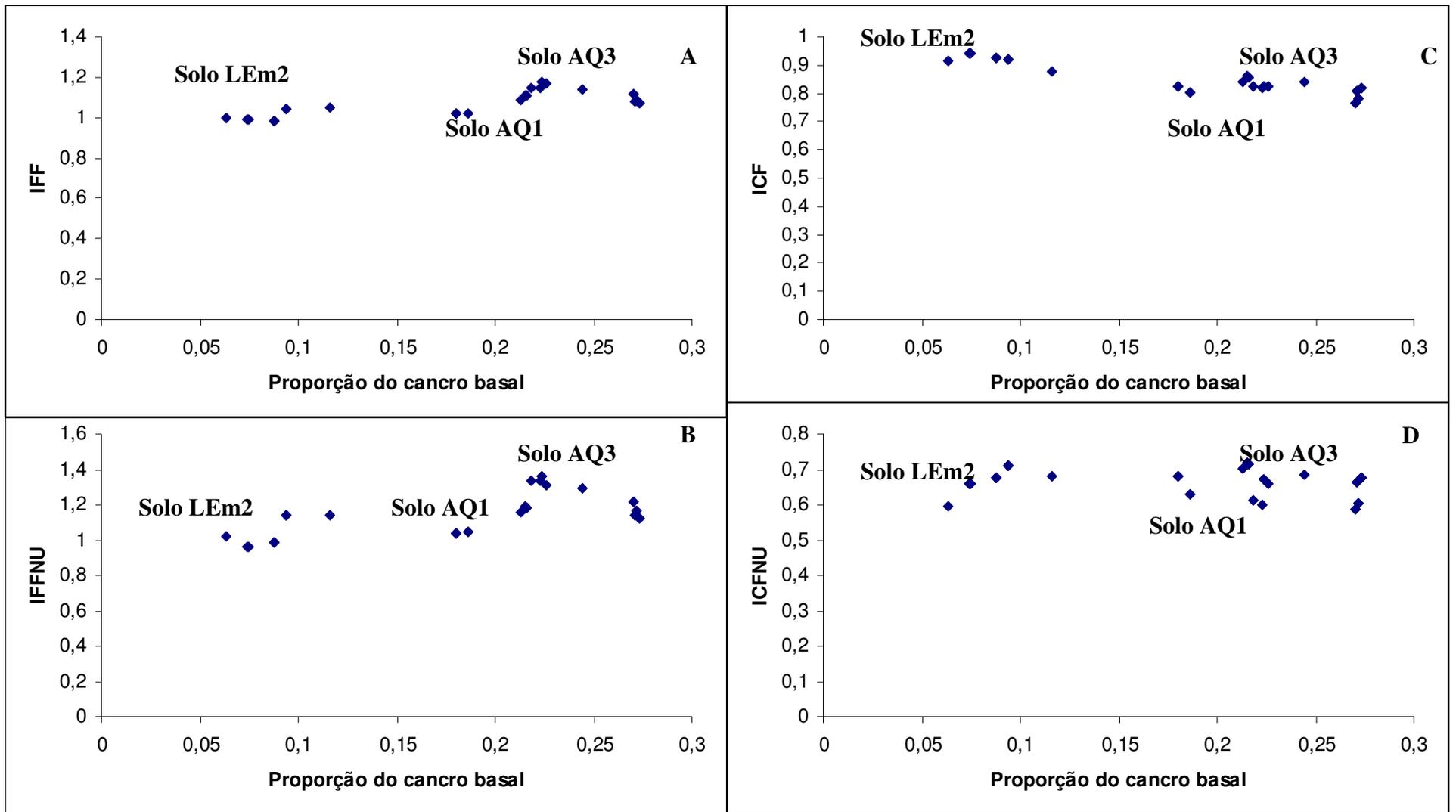
\*<sup>4</sup>ICFNU = Índice de compactação de focos não focos unitários



**Figura 3.** Proporção do cancro basal em *Eucalyptus grandis*, implantados em solos AQ1 e AQ3 (10 a 15% de argila), LEm2 (26 a 35% de argila) na Região de Luiz Antônio, São Paulo.



**Figura 4.** Dinâmica do cancro basal de *E. grandis*: A. Número de focos/1000 árvores NF; B. Número de focos com duas ou mais árvores; C. Número médio de árvores/foco; D. Número de focos unitários/1000 árvores; E. Percentual de focos unitários/1000 árvores. Em função da proporção de doença.



**Figura 5.** Estrutura de focos do cancro basal de *Eucalyptus grandis*: A. Índice de forma de focos (IFF); B. Índice médio de forma de focos não unitários (IFFNU); C. Índice médio de compactação de focos (ICF); D. Índice médio de compactação de focos não unitários (ICFNU), em função, da proporção de doença.

### **CAPÍTULO III**

**Dinâmica temporal e quantificação de danos causados pelo cancro basal em**  
*Eucalyptus grandis*

## DINÂMICA TEMPORAL E QUANTIFICAÇÃO DE DANOS CAUSADOS PELO CANCRO BASAL EM *Eucalyptus grandis*<sup>1</sup>

Sandra Elizabeth de Souza<sup>2\*</sup>, Edson Luiz Furtado<sup>3</sup>, Waldir Cintra de Jesus Junior<sup>4</sup>, Cláudio Angeli Sansigolo<sup>5</sup>, Rodrigo Rocha Oliveira<sup>6</sup>.

**RESUMO** - Os objetivos desse trabalho foram avaliar a evolução temporal do cancro basal do eucalipto e os danos em volume da madeira e desenvolvimento da árvore. O estudo foi conduzido em três povoamentos de *Eucalyptus grandis*, procedência Santa Rita do Passa Quatro, SP, origem Coff's Harbour, plantios seminais em solos arenosos AQ1, AQ3 (10 a 15% de argila) e LEm2 (26 a 35% de argila) na região norte do Estado de São Paulo. Foram instaladas três parcelas de 7500 m<sup>2</sup> para cada solo; as avaliações foram realizadas em nove mil árvores das nove parcelas. A incidência foi monitorada individualmente, de acordo com a presença ou ausência da doença e a severidade desta, com o auxílio de uma escala diagramática de notas. A incidência média do cancro basal em solos arenosos AQ3 e AQ1 foi de 25% e 21% respectivamente, e no solo LEm2 foi de 0,9%. O progresso da doença caracterizou-se por um lento aumento em severidade quando comparado com a incidência. Os valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foram menores no solo LEm2. O modelo de regressão linear simples possibilitou ajuste adequado dos dados na análise da relação entre os níveis de severidade do cancro basal e as reduções de rendimento, o percentual de dano no volume da madeira, o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura da árvore.

Palavras-chave: *Eucalyptus grandis*, cancro basal, epidemiologia, danos.

## **EUCALYPTUS CANKER TEMPORAL DYNAMICS AND DAMAGE EVALUATION IN *Eucalyptus grandis***

**ABSTRACT** - The objectives of this study were to evaluate the temporal development of eucalyptus canker and damages in timber volume and tree development. The study was conducted at three *Eucalyptus grandis* stands from Santa Rita do P. Quatro – SP (origin: Coff's Harbour), in seed plantations on sandy soils classified as AQ1, AQ3 (10 to 15% clay), and LEm2 (26 - 35% clay), in the northern region of the State of São Paulo. Three 7500 m<sup>2</sup> plots at

10x100 were installed; evaluations were made in nine thousand trees in the nine plots. Incidence was monitored individually according to the presence or absence of the disease. Severity was evaluated by means of a diagrammatic rating scale. The mean incidence of eucalyptus canker in sandy soils AQ3 and AQ1 was 25% and 21%, and 0.9% in the LEm2 soil; disease progression was characterized by a slow increase in severity when compared with incidence; all area under the disease progress curve (AUDPC) values were similar, regardless of soil type; the simple linear regression model allowed the data to be adequately fitted in the analysis of the relation between eucalyptus canker severity levels, yield reductions, and damage percentage on timber volume, diameter at breast height (DBH), and tree height.

Keywords: *Eucalyptus grandis*, eucalyptus canker, epidemiology, damage.

---

<sup>1</sup>Recebido em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ e aceito para publicação em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_/

<sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, CEP- 45083-900, Cx. Postal 95, Vitória da Conquista, BA, e-mail: eliza@uesb.br

<sup>3</sup>Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP, CEP- 18.610-307, Botucatu-SP, e-mail: [elfurtado@fca.unesp.br](mailto:elfurtado@fca.unesp.br)

<sup>4</sup>Departamento de Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, CEP 29500-000, Alegre, ES, e-mail: wcintra@cca.ufes.br

<sup>5</sup>Departamento de Ciências Florestais, Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP, CEP- 18610-307, Botucatu-SP, e-mail: [sansigolo@fca.unesp.br](mailto:sansigolo@fca.unesp.br)

<sup>6</sup>Departamento de Produção Florestal, Veracell Celulose e Papel, CEP 45820-000 Eunápolis, BA,

\*Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor

## INTRODUÇÃO

A produção de celulose e papel depende das florestas plantadas com espécies de pinus e eucalipto que dão sustentação às atividades da indústria de transformação da madeira (Roxo 2003).

As espécies mais plantadas nos maciços florestais do Brasil são *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis* e os seus híbridos interespecíficos.

A área total com florestas plantadas já atingiu 5.373.417 há, que abrangem principalmente os estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Bahia, Espírito Santo e o Rio Grande do Sul. A exportação estimada do setor em 2006 corresponde a 5,6% do total exportado pelo Brasil (ABRAF, 2007).

A tecnologia florestal desenvolvida nos últimos trinta anos no Brasil, baseada em programas de melhoramento genético, técnica de clonagem de genótipos superiores do eucalipto, preparo e fertilização do solo, manejo do mato, pragas e doenças, permitem que as plantações de eucalipto alcancem produtividades de 40 a 45m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> (FOELKEL, 2007). O desenvolvimento da clonagem por estaquia de eucalipto no Brasil é uma referência mundial no controle de doenças de espécies arbóreas (ALFENAS et al., 2004; MAFIA et al., 2005).

Usualmente, para o cultivo dos eucaliptos, destinam-se os solos de baixa fertilidade, com reduzida capacidade de troca catiônica, pH 7,0; nesses casos, é comum a aplicação de calcário, visando elevar-se o teor de Ca + Mg a 20mmol/dm<sup>-3</sup> (RAIJ et al., 1997). A disponibilidade de cálcio em solo deve ser alta, por se tratar do nutriente que mais se acumula nas folhas, ramos e caule árvores (BELLOTE, 1979).

Os solos destinados ao cultivo dos eucaliptos, somados às condições de temperaturas elevadas acima de 23°C com pluviosidade inferior a 1200mm, podem acarretar uma predisposição das árvores, originadas de sementes, a estresses bióticos e abióticos, originando doenças que podem inviabilizar a expectativa de produção.

Uma das doenças importantes em plantios seminais de eucalipto é o cancro basal. O patógeno *Cryphonectria cubensis*, associado ou não a um complexo de fungos tais como *Lasiodiplodia theobromae* (*Botriodiplodia theobromae*), *Dothiorella* sp.e *Phomopsis* sp (FURTADO, 2005; KRUGNER & AUER, 2005), podem ocasionar a doença.

Também, *Crysophorte cubensis* tem ocasionado cancro tanto em eucaliptos como em outras mirtáceas e melastomatáceas (BARRETO, et al 2006; RODAS et al, 2005; SEIXAS et al, 2004; WINGFIELD et al, 2003). A reclassificação de *Cryphonectria* spp. em *Eucalyptus* e outras mirtáceas em espécies distintas, necessitam de futuros estudos (OLD et al, 2003; MYBURG et al, 2003).

Dessa forma, *Cryphonectria cubensis* é o principal agente causal da doença em árvores suscetíveis nas condições de temperatura elevada e umidade favorável a doença (FERREIRA, 1989; HODGES et al., 1976; OLD et al, 2003; KRUGNER & AUER, 2005; FAO 2006).

Árvores de eucaliptos plantadas em solos arenosos, onde há deficiência de nutrientes, com ênfase ao boro, temperatura superior a 23°C. Podem ocorrer, aquecimento da interface solo planta, rachaduras naturais na casca das árvores novas desde a base o que as predispõem ao ataque de um complexo de fungos (*Dothiorella* sp., e/ou *Lasiodiplodia theobromae*), que está associado à essa sintomatologia nos *Eucalyptus* spp (KRUGNER & AUER, 2005; SILVEIRA et al., 1995b; 1996; 1998).

Análises quantitativas de doenças de plantas geram informações que são usadas em estudos de epidemiologia, para a construção de curvas de progresso e estimativas de danos provocados pela doença (ZADOCKS & SCHEIN, 1979). A estimativa de perdas e danos ocasionados por uma doença pode ser comparada à importância da diagnose. Portanto, quantificar os danos causados por uma doença e conhecer o agente causal são informações relevantes para orientar as estratégias de controle.

Existem, na literatura, vários estudos com o cancro basal do eucalipto, demonstrando prejuízos como mortalidade e quebra de árvore, redução do número de brotos após corte e número de brotos por cepa, redução no rendimento da celulose e na qualidade da madeira, devido ao ataque de *Cryphonectria cubensis* (FOELKEL et al., 1978; FERREIRA, 1989; FERRARI et al., 1984; CAMARGO, 1989).

Grandes maciços de eucaliptos destinados à produção de celulose são destaque na geração de emprego e renda na região norte do Estado de São Paulo, onde é comum a existência do cancro basal em povoamentos de origem seminal, havendo a necessidade de efetuar o monitoramento sistemático da doença no campo. Desse modo, os objetivos do trabalho foram caracterizar a dinâmica temporal do cancro basal em *E. grandis* e avaliar os danos no volume da madeira e desenvolvimento da árvore, em três tipos de solos na região de Luís Antônio, São Paulo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado em três povoamentos florestais originados de sementes de *Eucalyptus grandis*, procedência Santa Rita do Passa Quatro, SP, origem Coff's Harbour, da Empresa Votorantim Celulose e Papel, VCP, região de Luís Antônio, Estado de São Paulo.

A altitude média da região é de 515 metros, o clima é tipo megatérmico sub-úmido, sem ou com pequena deficiência hídrica subquente ou quente úmido, com 3 meses secos. Apresenta verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média de 25°C no verão e 19°C no inverno. Precipitação média anual em torno de 1400 mm e umidade relativa média de 71% (INMET, 2007). Foram selecionados três povoamentos de eucalipto com características comuns: idade três anos; espaçamento de plantio 3,0 x 2,5m entre linhas; material genético de mesma procedência; diferindo no tipo de solo.

**Povoamento I** – Fazenda Cara Preta, a área selecionada foi o talhão 16, plantio efetuado em 29/10/1996; tipo de solo AQ1 – composto por areia quartzosa álica ou distrófica, fraco ou moderado, textura areia-franca (10-15% de argila), relevo suavemente ondulado;

**Povoamento II** - Fazenda Guatapar, a área selecionada foi o talhão 15; com plantio em 16/10/1996; tipo de solo LEm<sub>2</sub> – Latossolo Vermelho Escuro, lico ou distrófico, a moderada, textura franco-argila-arenosa (26-35% argila), relevo suavemente ondulado;

**Povoamento III** - Fazenda Fibra IV Altinópolis, a área selecionada foi o talhão 05, com plantio em 16/10/1996; tipo de solo AQ3 – Areia quartzosa lica ou distrófica a moderado (com influência de rochas básicas), textura areia-franca (10-15% argila), relevo plano a suavemente ondulado.

A rea experimental de cada povoamento constituiu em três parcelas de 1000 árvores, ocupou uma área de 7500 m<sup>2</sup>/parcela, formando um quadrat de 10x100. Nos três povoamentos o trabalho foi conduzido em nove parcelas, totalizando 9000 árvores que foram marcadas e acompanhadas individualmente.

### **Monitoramento do cancro basal em campo**

Para o procedimento das avaliações da severidade do cancro basal, foi utilizada uma escala diagramática específica (OLIVEIRA & FURTADO., 2000), fundamentada nas observações dos principais sintomas em campo, com ilustrações das fases de evolução da doença na planta em quatro níveis de severidade (Figura1).

O início do monitoramento foi em 08/02/2000, quando as árvores estavam com mais de três anos. A presença ou ausência do cancro, bem como sua evolução em cada árvore, foram registrados, obtendo-se um mapa de cada povoamento. Até o final do primeiro ciclo vegetativo da cultura, 2001 e 2002, foram realizados oito monitoramentos, obtendo-se mapas de incidência cumulativa, considerando-se que uma árvore doente em uma avaliação permanecerá doente nas posteriores.

#### **Inserir Figura 1**

A severidade média de cada parcela em cada ano de avaliação foi calculada, somando-se todas as notas individuais de severidade da parcela e dividindo-se esse valor pelo total de árvores da parcela.  $S = \sum N_{ij} / N$ . Em que: S = Severidade média da parcela  $N_{ij}$  = Somatória das notas de cada árvore (j) até a árvore (i) N = Número total de árvores na parcela (i).

Os dados obtidos para a severidade do cancro basal, expressos em notas, segundo a escala diagramática em cada monitoramento, foram registrados em planilhas do programa Microsoft Office Excel, gerando vinte e seis mapas, os quais foram utilizados para o estudo da dinâmica espaço temporal e avaliação de dano segundo o nível de severidade da doença. (Figura 2).

#### **Inserir Figura 2**

As curvas de progresso foram plotadas, utilizando-se os valores de severidade média do cancro basal em cada época do monitoramento e. A área abaixo da curva de progresso da

doença (AACPD) foi estimada pela equação da integração trapezoidal (BERGER, 1988; CAMPBELL & MADDEN, 1990; JESUS JUNIOR et al., 2004).

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} [ ( Y_i + Y_{i+1} ) / 2 ] (T_{i+1} - T_i)$$

em que Y é a severidade da doença;

( $T_{i+1} - T_i$ ): é o intervalo entre duas avaliações consecutivas.

Os dados de incidência e severidade média do cancro basal foram analisados por meio de análise de regressão linear simples levou-se em consideração o coeficiente de determinação ajustado da análise de regressão ( $R^2$ ), bem como o valor de b das equações lineares, sendo indicativo da taxa de aumento de severidade em relação ao aumento na incidência (SEEM, 1984).

### **Quantificação de danos no rendimento da madeira em relação aos níveis de severidade do cancro basal**

Em cada monitoramento, foram avaliadas cada árvore individualmente, segundo a evolução do cancro, obtendo-se a altura da árvore e o diâmetro a altura do peito (DAP). A produção individual da madeira em metros cúbicos foi calculada com base na seguinte fórmula:  $V = \pi (dap)^2 \times Ht/4 * f$  em que: V = volume individual do tronco ( $m^3$ ) . DAP = diâmetro à altura do peito (m). Ht = altura total (m); F = fator de forma.

O fator de forma (f) de um maciço florestal é determinado através da média aritmética dos fatores de forma obtidos em diversas árvores amostradas ao longo do povoamento. O fator de forma utilizado na equação foi 0,42 (VEIGA, 1984).

Para as árvores dos povoamentos de solo AQ1 e LEm2 e em duas avaliações foi estimada através da diferença de produção entre árvores em cada nível de severidade do cancro, conforme a equação (Cornell & Berger, 1987).

$\% \text{ dano} = ((PMPS - PMPD) * 100) / PMPS$  em que: PMPS, representa a porcentagem média produção em volume da madeira da árvore sadia ( $m^3$ ); PMPD, representa a porcentagem média da produção em volume da madeira da árvore ( $m^3$ ) com cancro por nível de severidade

(1, 2 e 3). Considerou-se apenas as árvores vivas e que permaneceram com cancro durante as duas avaliações.

Os valores da altura da árvore, diâmetro a altura do peito (DAP) e o volume da madeira foram submetidos à análise de regressão, para determinar a precisão das estimativas de dano.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Monitoramento da incidência e severidade do cancro basal em *Eucalyptus grandis*.

Os resultados de quantificação do cancro basal em *Eucalyptos grandis*, bem como os valores das regressões lineares entre a incidência e a severidade média e os valores da AACPD, das três parcelas para cada tipo de solo, estão apresentados na Tabela 1.

#### Inserir Tabela 1

A incidência e a severidade média do cancro basal em eucaliptos foi efetivamente maior nos povoamentos implantados nos solos arenosos AQ3 e AQ1 (10 a 15% de argila). Em contrapartida, os menores índices de incidência, média abaixo de 0,10% e severidade média de 0,165 ocorreram nos povoamentos implantados em solo de textura franco-argila-arenosa, LEm2 (26 a 35% de argila). Independente do tipo de solo, não houve crescimento em incidência do cancro basal nos anos de avaliação desse estudo. Entretanto, há diferenças na severidade média dentro de cada tipo de solo (Figura 3 B).

As variações de incidência e severidade de uma doença entre locais devem refletir diferenças importantes entre a epidemia nas diferentes regiões estudadas (SEEM, 1984). Essas variações de fato ocorreram no presente estudo e os resultados demonstram que no solo de textura franco – argilo arenosa (LEm2), ocorreu redução da intensidade e da severidade média do cancro basal quando comparado com os solos de textura arenosa (AQ1 e AQ3).

Esse fato pode ser explicado devido á maior retenção de água e nutrientes do solo (LEm2), que permaneceram disponíveis as árvores por maior tempo. Possivelmente, as árvores tenham o estresse desacelerado, ficando mais resistentes ao ataque do complexo de patógenos do cancro basal.

Nos povoamentos dos solos AQ1 e AQ3 apresentam baixos teores de argila, ocorre grande lixiviação o que afeta o crescimento de árvores jovens de eucalipto, quando da ocorrência de déficit hídrico. Nesse ambiente, os meses de verão a temperatura média é de 25°C. E promove o aquecimento excessivo da região do colo da árvore que, somados a deficiência de boro e outros nutrientes, provocam rachaduras na casca da base da árvore (CARMO et al., 1990; SILVEIRA et al., 1998) e servem como porta de entrada para a penetração de patógenos (FERREIRA, 1989).

### **Inserir Figura 3 ABC**

Para cada época de avaliação do cancro basal e em cada tipo de solo, a relação incidência severidade apresentou características lineares; a maior variação em severidade (0,566%) e incidência (0,25%) foi registrado no solo AQ3. Os valores de b para os três tipos de solos foram baixos e inferiores a 1,0 (Tabela 1).

A análise conjunta dos dados entre a relação incidência severidade para os três tipos de solo apresenta um valor de b para a equação linear igual a (-37,2) com  $(R^2) = 0,96$  (Figura 3 ABC). Esses resultados indicam que o padrão de ocorrência do cancro basal para as regiões em estudo tem baixo coeficiente de declividade, o que sugere uma baixa evolução da doença.

De forma similar CAMARGO (1989) estudando o patossistema *C. cubensis* – *E. grandis* para condições de Salto, SP, também encontrou baixo coeficiente de declividade, enfatiza que o cancro do eucalipto, embora seja uma doença poliética, sua dinâmica, para as condições do experimento foi muito lenta, podendo assumir características de doença de juros simples.

### **Área abaixo da curva de Progresso da Doença**

Foram plotados os dados de severidade média em função do tempo de avaliação do cancro basal, o que gerou a curva de progresso da doença em *E. grandis* nos três solos. Observa-se

que ocorre um lento aumento da severidade média do cancro basal em função do tempo; dessa forma, o progresso da doença geralmente é pequeno ao longo dos anos, com conseqüente taxa de infecção menor. Porém, a doença pode causar a morte do hospedeiro, o que foi visto no nível de severidade 4.

As curvas da figura 4 parecem com a apresentada por patógenos monocíclicos; todavia, patógenos policíclicos podem, em condições ambientais restritivas, comportarem-se como monocíclicos (NORIEGA-CANTU et al., 1999). O progresso de uma doença causada por patógenos policíclicos, caso do complexo de fungos causadores do cancro basal, apresenta desenvolvimento lento em seus estágios iniciais, devido ao fato de poucas infecções ocorrerem nesse período, mas uma aceleração rápida inicia-se assim que novos propágulos são formados.

Redução no desenvolvimento de uma doença poliética poderá ocorrer em razão da limitação de novos tecidos para a infecção (VALE et al., 2004). Entretanto, com relação ao presente estudo o que parece limitar a evolução do cancro em *E. grandis* na região deve ser a textura do solo somada aos fatores climáticos.

Esse resultado ganha suporte no trabalho de AUER & KRUGNER (1997), quando relatam que a incidência do cancro em Altinópolis, SP, pode ter sido condicionada pelas condições climáticas e pelos baixos teores de argila mais silte e a fertilidade do solo, que induzindo estresse fisiológico, predispõe as árvores de *E. grandis* à doença.

#### **Inserir figura 4**

Os dados da área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD) apresentaram valores diferenciados entre os três tipos de solos; o solo LEm2, foi o que apresentou os menores valores para a AACPD, incidência e a severidade do cancro (Tabela, 1). A textura desse solo com (26 a 35% de argila), proporcionou um acentuado atraso na doença, mesmo em maciços provenientes de mudas e, indica que nesse tipo de solo a fração argila tenha proporcionado maior retenção de água e nutriente no solo disponível para as árvores, induzindo o mecanismo de resistência bioquímica a uma maior proteção contra os patógenos.

Plantas severamente estressadas, com relação ao ponto de vista nutricional, podem ser mais vulnerais às doenças que as plantas com ótimo estado nutricional (HUBER, 1980). Nesse

estudo, uma provável explicação seria a textura do solo LEm2, proporcionou menor estresse nutricional as árvores, que através do mecanismo de resistência bioquímico contribuiu com maior proteção contra os patógenos causadores do cancro basal em *E. grandis*.

A literatura demonstra que a disseminação do patógenos causadores de cancro ocorre na natureza pelas gotículas de chuvas e a penetração dá-se por ferimentos nos troncos, cicatrizes de galhos e por entre as rachaduras naturais da casca (BRUNER, 1917; HODGES et al., 1979; FERREIRA, 1989; SIVEIRA et al., 1996; KRUGNER e AUER., 2005).

Nos solos arenosos, essas rachaduras nas árvores são mais acentuadas devidas à deficiência de boro, e são portas de entradas para os fungos que podem facilmente colonizar os tecidos e evoluírem para lesões maiores até se tornarem em cancos típicos (SILVEIRA et al., 1995b) (Figura 1).

Esses resultados encontram suporte no estudo de dinâmica e estrutura de focos (ADEF) para o cancro basal, onde o percentual médio de focos unitários (%NFU) no solo LEm2 foi de 73,3% o número médio de plantas por focos (NMPF) foi de 1,4 árvores, quando comparado com os solos AQ3 e AQ1, de textura essencialmente arenosa, o NMPF foi de 3,3 e 2,5 respectivamente e o %NFU foi de 45,04%, 48,9%.

Os dados sugerem que a textura do solo pode ser um dos fatores abióticos a influenciar a intensidade a severidade e o progresso do cancro basal, mesmo em eucaliptos provenientes de mudas. Esses resultados corroboram com os encontrados por AUER & KRUGNER (1997).

Os valores da AACPD entre os três tipos de solo constituem uma informação importante a ser considerada em futuros trabalhos com o cancro basal em eucaliptos, onde o padrão da evolução da doença tem característica poliética e necessita de anos para mostrar aumento significativo na intensidade da desta.

### **Avaliação dos danos do cancro basal no volume da madeira de *E. grandis***

O modelo de regressão linear simples para a estimativa de danos do cancro basal possibilitou ajuste adequado dos dados de produção média do volume da madeira e os níveis de severidade do cancro basal no solo AQ1 ( $R^2$  0,95 e  $R^2$  0,99; Figura 5 AC), solo LEm2 ( $R^2$  0,86 e  $R^2$  0,88; Figura 6 AC). Dessa forma, pode-se sugerir que, independente do tipo de solo,

a produção da madeira (em m<sup>3</sup>) pode ser afetada pela severidade do cancro basal em *E. grandis*.

### **Inserir Figura 5 ABCD**

As estimativas de dano do cancro basal em eucalipto plantados em solo AQ1 textura areia-franca (10-15% de argila), observa-se um dano inferior a 10% no nível de severidade 1, aumentando linearmente no nível de severidade 3 chegando a 50% na primeira avaliação com R<sup>2</sup> de 0,95 todavia o dano reduziu para 42,33% na segunda avaliação da produção de volume de madeira, o R<sup>2</sup> da regressão foi de 0,99 (Figura 5 BD).

A relação entre os níveis de severidade do e o diâmetro a altura do peito (DAP), altura da árvore, foram analisados em função de suas médias por cada nível de severidade do cancro basal no solo de textura arenosa AQ1(10 a 15% de argila) e o solo de textura franco argila-arenosa LEm2 (26 a 35% de argila) (Figuras 5,6).

No solo AQ1, as equações de regressão linear para o percentual de dano no DAP foram  $Y = 8,007x - 2,498$  (R<sup>2</sup>= 0,93) no segundo monitoramento foi  $Y = 5x - 0,2867$  (R<sup>2</sup>= 0,99); para altura da árvore  $Y = 5,087x - 2,533$  (R<sup>2</sup> = 0,81);  $Y = 3,926x - 0,529$  (R<sup>2</sup>= 0,92). Constata-se que nessa textura de solo, o dano no DAP variou de 5,68 a 50,05; 4,14 a 19,61% a partir do nível de severidade 1(Figura 5).

No solo LEm2 as equações para DAP foram  $Y = 5,087 - 2,533$  (R<sup>2</sup> = 0,81);  $Y = 3,926x - 0,529$  (R<sup>2</sup> = 0,92); altura da árvore  $Y = 3,873x - 0,707$  (R<sup>2</sup> = 0,97) e  $Y = 3,401x - 0,979$  (R<sup>2</sup> = 0,94). Nesse tipo de solo o dano no DAP ou na altura da árvore variou entre 9,55 a 17,7% e 14,46 a 18,86% a partir do nível de severidade 2 (Figura 5).

A estimativa de dano do cancro basal na produção do volume da madeira (m<sup>3</sup>) em eucaliptos plantados em solo LEm2 (26-35% argila), mostra que o dano ocorreu a partir do nível de severidade 1 (Figura 6 AC), mantendo-se a linearidade com R<sup>2</sup> de 0,86 e 0,88, primeira avaliação 35,35% e redução de 39,98% da produção em volume de madeira no nível de severidade 3 na segunda avaliação, ligeiramente inferior ao obtido no solo AQ1 com (10 a 15% de argila) (Figura 6, BD).

### **Inserir Figura 6 ABCD**

Outros aspectos que podem ter contribuído para a maior severidade do cancro basal em solos arenosos AQ3 e AQ1, englobam a existência de menor teor de matéria orgânica e nutrientes menor capacidade de retenção de água, menor atividade de microorganismos antagonísticos, o que favorece ao estresse nutricional das árvores, com evidência ao boro.

A menor capacidade de defesa das árvores em solos arenosos pode ser explicada pela deficiência nutricional, principalmente de boro que diminui a atividade meristemática e, em situações extremas, pode causar a morte do câmbio responsável pela formação dos calos cicatriciais, os quais têm a função de recompor a estrutura afetada e inibir a colonização de novos tecidos pelo patógeno (TOKESHI et al., 1976; MULICK, 1977). Assim, é relevante uma compreensão de todos os fatores que atuam favorecendo o desenvolvimento dessa doença nos eucaliptos de modo a minimizar os danos causados nos plantios seminais.

Normalmente, os povoamentos florestais no Brasil têm sido implantados em solos de baixa fertilidade natural, como areia quartzosa e latossolo arenoso distrófico ou álico, onde o boro e outros nutrientes ocorrem em níveis limitantes (SILVEIRA et al., 1995b; 1996b). Nesse ambiente, fungos colonizadores da casca de eucaliptos tornam-se mais agressivos, a exemplo de *Dothiorella* sp.

No presente estudo, os solos arenosos AQ3 e AQ1 (10 a 15% de argila) tiveram maior incidência e severidade média do cancro basal quando comparado ao solo LEm2 (26 a 35% de argila). Entretanto, os danos no desenvolvimento da árvore e produção no volume da madeira independente da textura dos dois solos, iniciaram a partir do nível de severidade 1 do cancro basal.

Os danos estimados contribuem para a melhor compreensão da relação severidade média do cancro basal e a redução na produção em volume da madeira. Resultados semelhantes podem ser encontrados nos seguintes trabalhos (FERRARI et al. 1984; CAMARGO & KRUGNER, 1988).

O estudo da análise temporal foi eficiente para entender o patossistema cancro eucalipto, como sendo uma doença polietica, a textura do solo em condições de ambiente favorável pode influenciar o seu progresso causando danos a produção.

Os resultados desse trabalho permitem concluir que nas condições da região norte do Estado de São Paulo: a incidência média do cancro basal em solos arenosos AQ3 e AQ1 foi de 25% e 21%, respectivamente, e no solo LEm2 de 8,6%; o progresso do cancro basal dá-se preferencialmente em função de um lento aumento em severidade do que em incidência; independente do tipo de solo, o modelo de regressão linear simples possibilitou o ajuste adequado dos dados na análise da relação entre os níveis de severidade do cancro basal e as reduções da produção em volume da madeira, DAP, altura da árvore bem como a estimativa do percentual de dano dessas variáveis.

### **AGRADECIMENTOS**

A empresa Votorantin Celulose e Papel (VCP), pelo apoio logístico de parte desse trabalho.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABRAF - Associação Brasileira Florestal dos Produtores de Florestas Plantadas. Disponível em: [www.abraflor.org.br/estatistica/anuario-ABRAF-2007.pdf](http://www.abraflor.org.br/estatistica/anuario-ABRAF-2007.pdf) acesso em 13/08/2007.

ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V; MAFIA, R.G; ASSIS, T.F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 2004. 442p.

AUER, C. G.; KRUGNER, T.L. Influência do solo na incidência de cancro em *Eucalyptus grandis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, 34: 65-73, 1997.

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** 55 (4): 577-577, 2006.

BERGAMIN FILHO A. Avaliação de danos e perdas. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L.. **Manual de Fitopatologia**. Ed. Ceres São Paulo 3ª edição, 1: 673- 689, 1995.

BERGER , R. D. The analysis of the effects of control measures on the development of epidemics. In: KRANZ, J.; ROTEM, J (Eds.) **Experimental techniques in plant disease epidemiology**, Heidelberg, Springer-Verlag, p. 137-51, 1988.

BELLOTE, A.F.J. Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) em função da idade. Dissertação (Mestrado). ESALQ/USP. 129p, 1979.

BRUNER, S. Uma enfermidade gangrenosa de los eucaliptos. Boletim n 37, Estación Experiment. Agronômica, Santiago de las Vegas, Cuba.38p, 1916.

CAMARGO, L.E.A. O cancro do eucalipto causado por *Cryphonectria cubensis*: sua dinâmica, quantificação e perdas avaliadas em um plantio de *Eucalyptus grandis*. Piracicaba, ESALQ/USP, Dissertação de Mestrado, 98p. 1989.

CAMARGO, L.E.A.; KRUGNER, T.L. Avaliação de perdas causadas pelo cancro do eucalipto. **IPEF: Circular Técnica**, 157: 5, 1988.

CARMO, D. N.; RESENDE, M; SILVA, T. C. A. Avaliação da aptidão das terras para eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R. F. ed. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: p. 188-235, 1990.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. : J. Wiley., 532p., 1990.

CORNELL, J.A.: BERGER, R.D. Factors that influence the value of the coefficient of determination in simple linear and non linear regression models. **Phytopathology**, 77: 63-70, 1987.

FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. Manual de Campo Plagas Y enfermedades de Eucaliptos Y Pinos em al Uruguay. 173p. Disponível em: [www.mgap.gub.Uy/Forestal/Fao.Manualdecampo.pdf](http://www.mgap.gub.Uy/Forestal/Fao.Manualdecampo.pdf). Acesso em 13/08/2007.

FERREIRA, F. A. **Patologia florestal principais doenças florestais do Brasil**. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570p.

FERRARI, M.P.; KRUGNER, T.L; COUTO, H.T.Z. Avaliação de perdas em rendimento de madeiras devido ao cancro do *Eucalyptus* causado por *Chyphonectria cubensis* (Bruner) Hodges. **IPEF** 27:9-15, 1984.

FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C; ANDRADE, J.O. M. O cancro do eucalipto e sua influência sobre a qualidade da celulose Kraft. **Cenibra Pesquisa**, 58: 1-34, 1978.

FOELKEL, C.E.B. **Custos e Rentabilidades na Produção de Madeira de Eucalipto em Povoamentos Manejados por Talhadia Simples e Corte Raso**. 5p., disponível em: [www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br). Acesso em 13/08/2007.

FURTADO, E. L. Material didático. Disponível em: [www.fca.unesp.br/intranet/furtado.pdf](http://www.fca.unesp.br/intranet/furtado.pdf). Acesso em 20 de Setembro de 2005.

HODGES, C. S.; REIS, M. S; FERREIRA, F. A; HENFLING, J.. D. .M. O cancro do eucalipto causado por *Diaporthe cubensis*. **Fitopatologia Brasileira**, 1:129-170.1976.

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**, 63(3):216-220. 1979.

HUBER, D.M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL, J.G; COWLING, E.B. ed. **Plant Disease: advanced treatise**. . New York: Academic Press. 5: 381-406, 1980.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: [www.inmet.gov.br/html/agro.html](http://www.inmet.gov.br/html/agro.html).

JESUS JUNIOR, W.C.; POZZA, E. A; VALE, F.X.R; MORA-AGUILERA, G. Análise Temporal de Epidemias. In: VALE, F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C; ZAMBOLIM, L. (Eds.) **Epidemiologia Aplicada ao Manejo de Doenças de Plantas**. Perfil Editora Belo Horizonte MG. 2004. p. 125-192.

KRUGNER, T.L; AUER, C. G. Doenças dos Eucaliptos. In: Kimati, H.; Amorim, L; Rezende; J.A. M; Bergamin Filho. A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**, 4ª ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2: 320-333, 2005.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A.C; FERREIRA, E.M; ZARPELON, T.G; SIRQUEIRA, L. de. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**, 29(6):843-851, 2005.

MYBURG, H.; GRYZENHOUT, 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** 44:187-196, 2003.

MULLICK, D.B. The non-specific nature of defense in bark and wood during wounding, insect and pathogen attack. In: Loeweiss, F. A.; Runeckles, V.C., ed. Recent advances in phytochemistry. New York: **Plenum Press**, 11: 395-441, 1977.

NORIEGA-CANTU, D.H.; MORA-AGUILERA, G. Epidemiology of mango malformation in Guerrero, México, with traditional and integrated management. **Plant disease**, 83:223-228, 1999.

OLIVEIRA, R.R.; FURTADO, E.L. Validação da escala diagramática com categorias de severidade de ataque para o cancro basal do Eucalipto. **Congresso de Iniciação Científica da FCA/UNESP. PIBIC**, 2000.

OLD, K.M.; WINGFIELD, M.J; YUAN, Z.Q. **A manual of diseases of Eucalyptus in South-East Ásia**. Center for International Forestry Research, 106p. 2003.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico/ Fundação IAC, (**Boletim Técnico**, 100). 1997, 285p.

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** 54: 460-470, 2005.

ROMIG, R. W.; CALPOUZOS, L. The relationship between stem rust and loss in yield of spring wheat. **Phytopathology**, 60:1801-1805, 1970.

SEEM, R.C. Disease incidence and severity relationships. **Annual Review of Phytopathology**, 22:135-150. 1984.

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** 18: 39-45, 2004.

SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A. N; SILVEIRA, R.L; BRANCO, E.F. Levantamento nutricional de florestas de *Eucalyptus grandis* da região de Itatinga-SP: micronutrientes. IN: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 25, Viçosa, 1995<sup>a</sup>. Anais. P.896-98. 1995 b.

SILVEIRA, R.L.V.A.; R.L.V.A; TAHASHI, E. N; SGARBI, F; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiências de macronutrientes e boro em híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. citriodora* em solução nutritiva. In: **Congresso Latino Americano de Ciência do Solo**, 13, Águas de Lindóia, 1996 a. Anais (CD Romm).

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**, 21: (4) 482-485, 1996b.

SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N; KRUGNER, T. L. Estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* Hook cultivado sob diferentes doses de boro e sua relação com a agressividade de *Botryosphaeria ribis*. **Scientia Forestales** 53:57-70, 1998.

TOKESHI, F.; GUIMARAES, R.F.; TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em São Paulo. **Summa Phytopathologica**, 2(2): 122-126 1976.

VALE F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia Aplicada ao Manejo de Doenças de Plantas**. Perfil Editora Belo Horizonte MG. 2004. p. 125-192.

VEIGA, R.A.A. Dendrometria e inventario florestal. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, **Boletim Didático n.1**, Botucatu, SP, 1984. 108p.

WINGFIELD A. J. Increasing threat of diseases to exotic plantation forests in the Southern Hemisphere: lessons *Cryphonectria* canker. **Australasian Plant Pathology** 32, 133-139. 2003.

ZADOKS, J.C.; SCHEIN, R.D. **Epidemiology and plant disease management**. New York: Oxford University Press, 1979.



Nível 0: Árvore sadia.



Nível 1: Árvores com cancos superficiais, sem o comprometimento significativo da região cambial.



Nível 2: Árvores com danos mais pronunciados, mostrando algum comprometimento da região cambial.

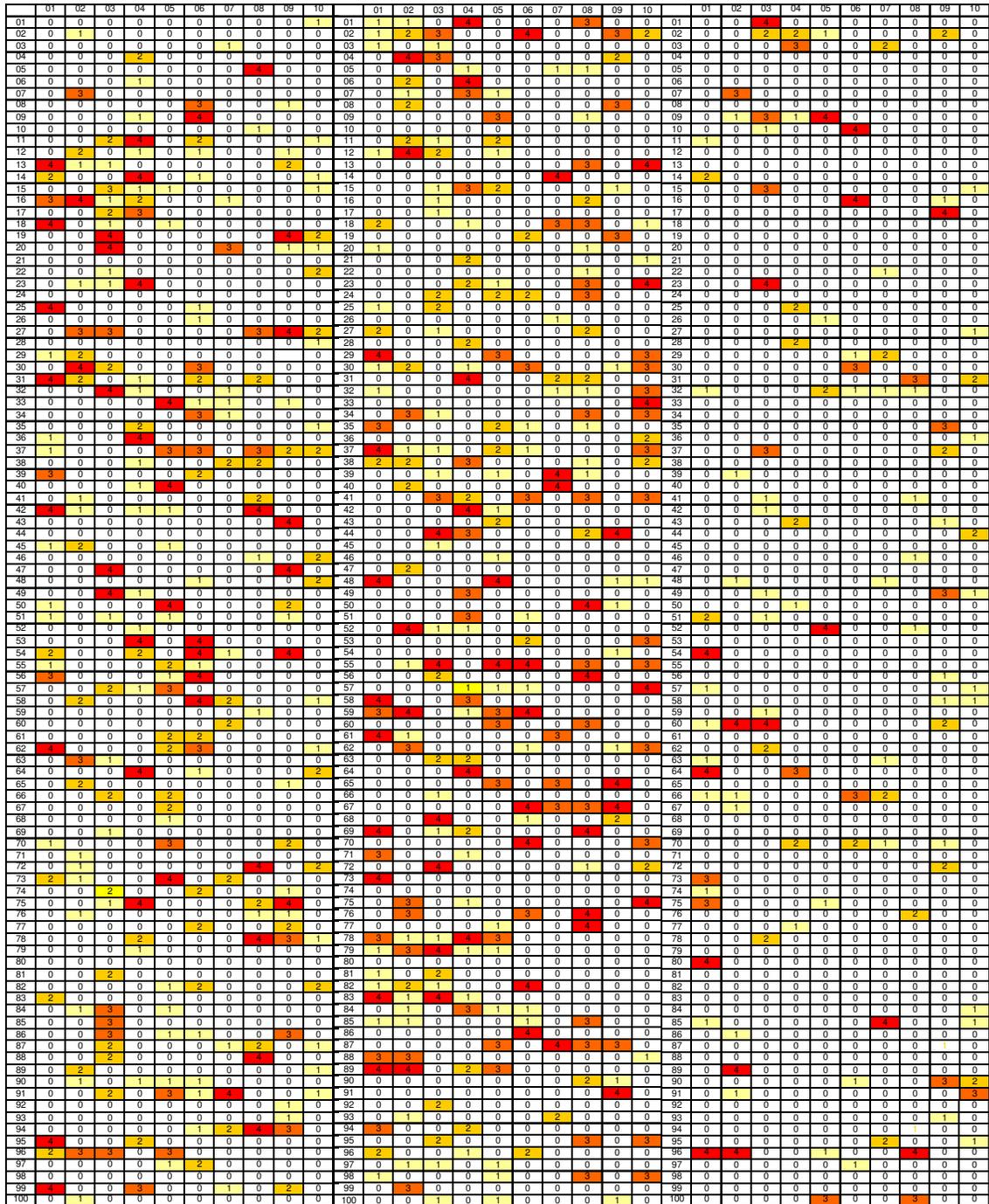


Nível 3: Árvores com danos severos, comprometimento acentuado da região cambial e do lenho.



Nível 4: Árvore morta pelo cancro.

**Figura 1.** Escala diagramática com categorias de severidade de ataque para o cancro basal do Eucalipto (Oliveira & Furtado, 2000).



Solo AQ1

Solo AQ3

Solo LEM2

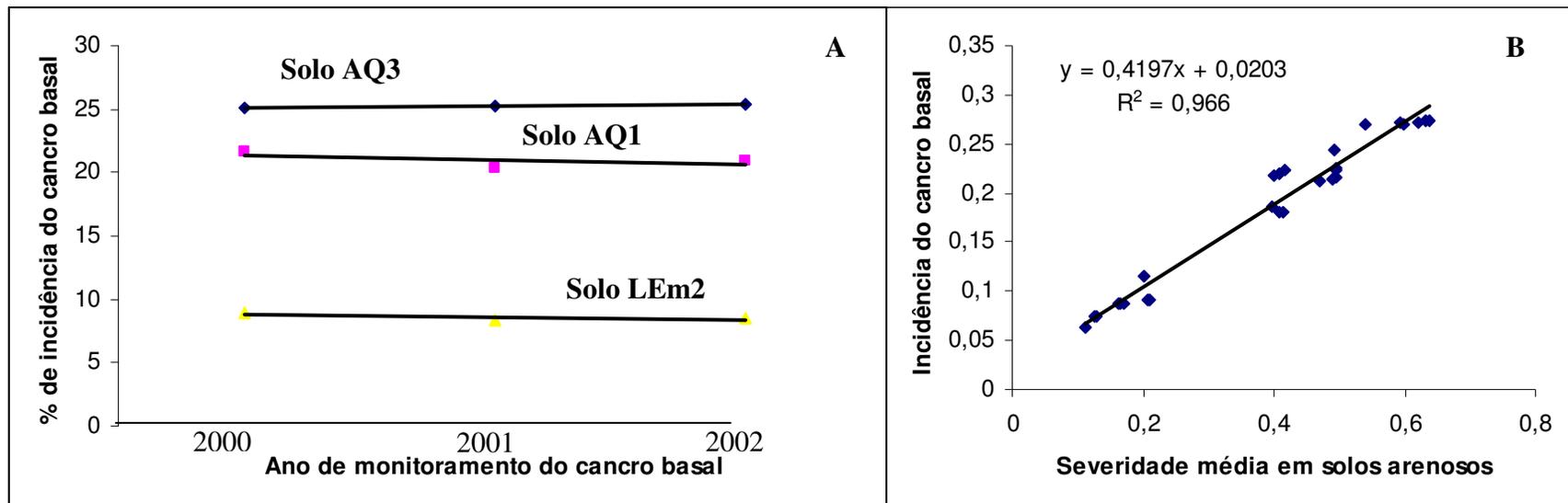
**Figura 2.** Mapas da evolução espacial do cancro basal em *E. grandis*, nas parcelas I dos solos AQ1, AQ3 e LEM2; incidência 24,2; 27,1% e 11,6%, respectivamente. Cada quadrado representa uma árvore, sendo que o quadrado branco representa uma árvore sadia, os quadrados amarelo, vermelho e vermelho escuro, representam árvores com cancro basal nos níveis de severidade 1, 2, 3 e 4.

**Tabela 1.** Dados médios de incidência, severidade média, regressão linear e área abaixo da curva de progresso do cancro basal em *Eucalyptus grandis*.

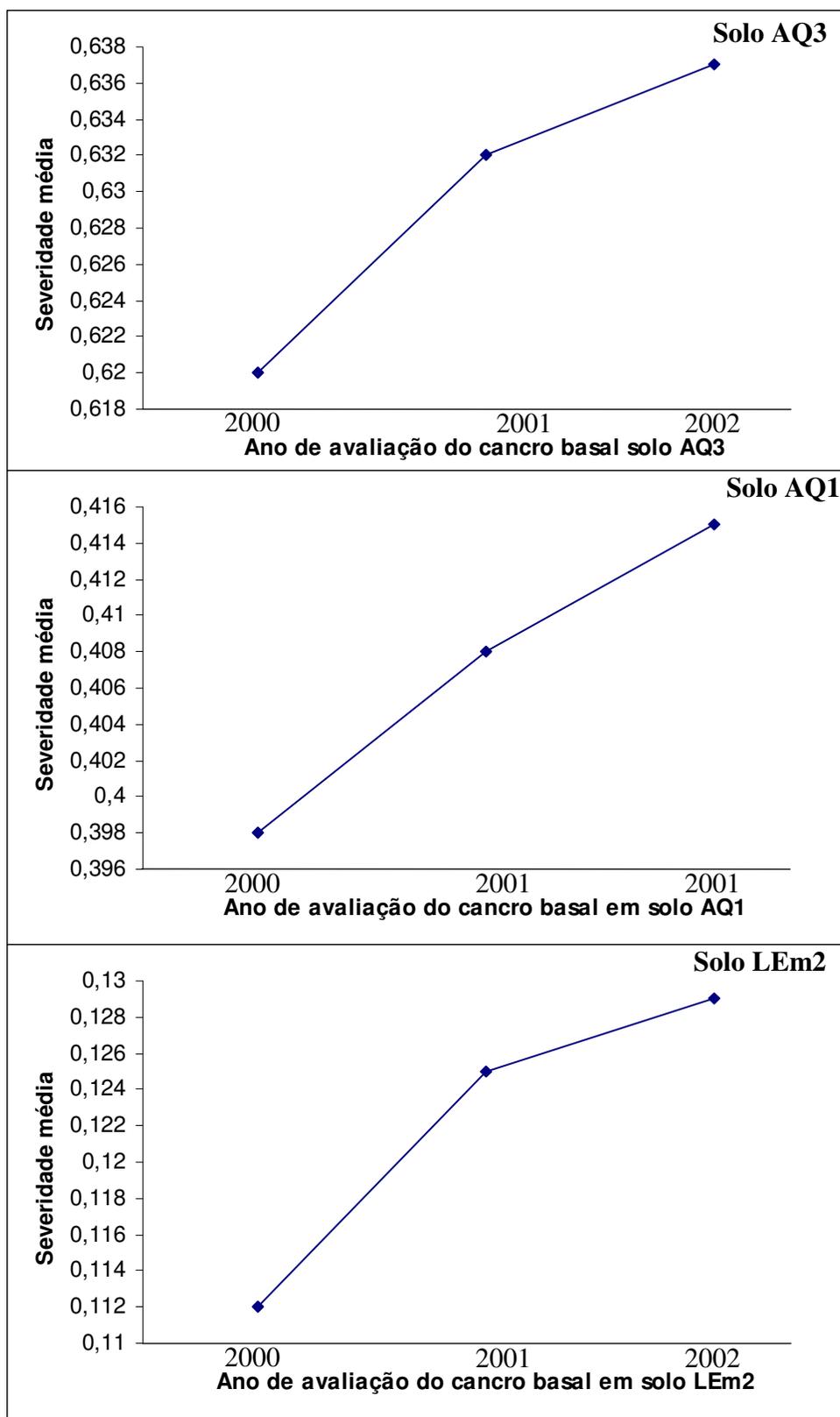
Tipo de solo	Valores de b	R <sup>2</sup>	Equação	Severidade	AACPD**
AQ3*	-9,11	0,83	0,3933x + 0,0307	0,565	13,61
AQ1	-7,94	0,67	0,3206x + 0,0697	0,437	8,88
LEm2	-2,60	0,79	0,6624x + 0,5447	0,165	3,96

\*Solos AQ3 e AQ1 (10 a 15% de argila); Solo LEm2 (26 a 25% de argila).

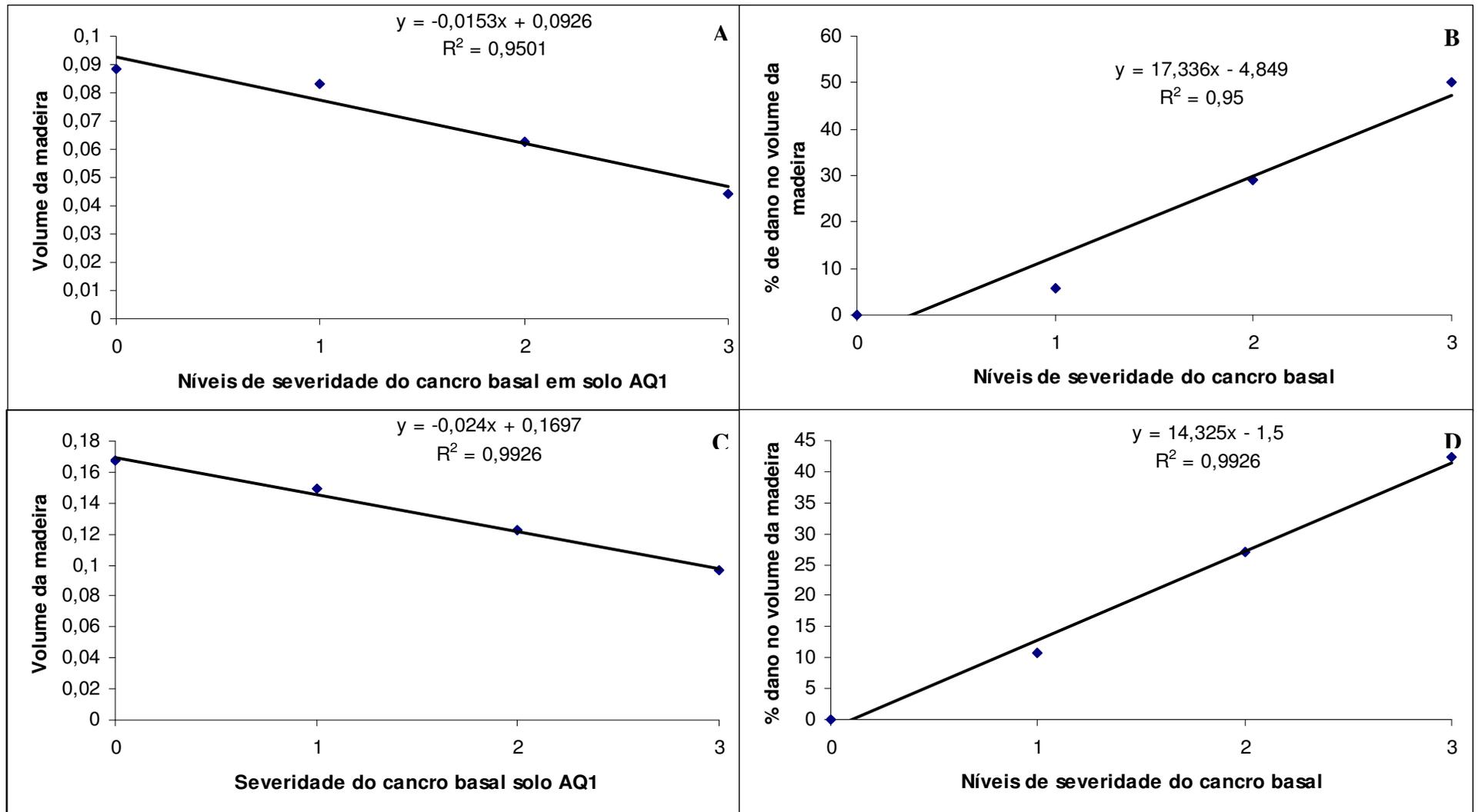
\*\*AACPD – Área abaixo da curva do progresso da doença, teve como base a severidade média.



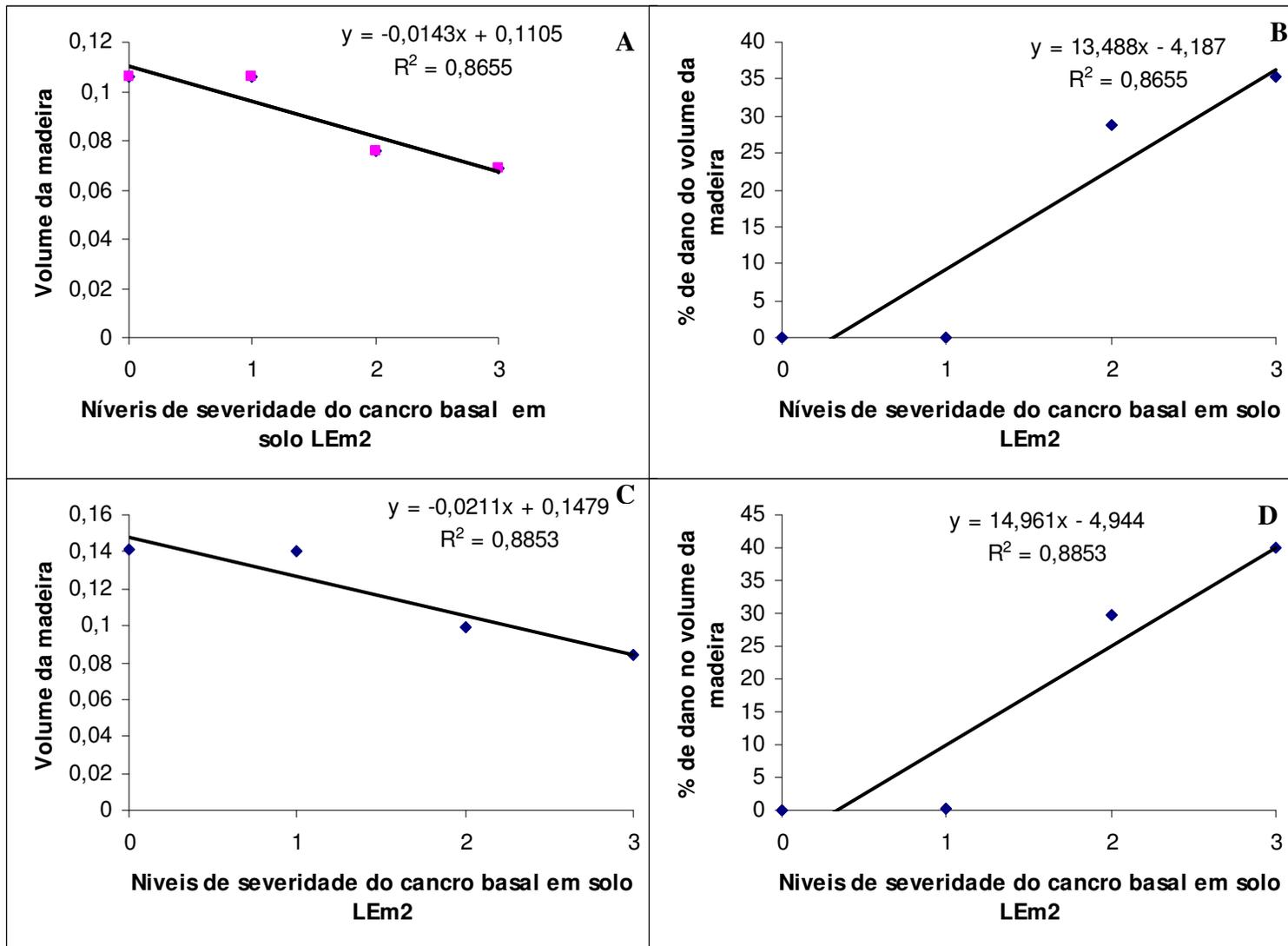
**Figura 3.** Quantificação do cancro basal do *E.grandis* em três solos no município de Luís Antônio, São Paulo. (A); % de incidência em solos AQ3, AQ1 (10 a 15% de argila); solo LEm2 (26 a 35% de argila). (B); análise conjunta dos dados de incidência em relação a severidade média do cancro basal.



**Figura 4.** Curvas de progresso da severidade média (%) do cancro basal de *E.grandis*, nos solos AQ3 e AQ1 (10 a 15% de argila) e LEm2 (26 a 35% de argila), avaliada nos anos 2000, 2001 e 2002.



**Figura 5.** Valores médios do volume (m<sup>3</sup>) e % de dano da madeira de *E.grandis* em função dos níveis de severidade do cancro basal em solo AQ1 (10 a 15% de argila). (AB); avaliação em 2000. (CD); avaliação em 2002.



**Figura 6.** Valores médios do volume (m<sup>3</sup>) e % de dano da madeira de *E. grandis* em função dos níveis de severidade do cancro basal em solo **LEm2** (26 a 35% de argila). AB avaliação em 2000; CD avaliação em 2002.

## **CAPÍTULO IV**

**Influência do cancro basal em *Eucalyptus grandis* na qualidade da madeira**

## Influência do cancro basal em *Eucalyptus grandis* na qualidade da Madeira<sup>1</sup>

Influence of eucalyptus canker on *Eucalyptus grandis* wood quality

Sandra Elizabeth de Souza <sup>2</sup>, Cláudio Angeli Sansigolo <sup>3</sup>, Edson Luiz Furtado<sup>4</sup>, Waldir Cintra de Jesus Junior<sup>5</sup>, Rodrigo Rocha Oliveira<sup>6</sup>.

---

### Resumo

O objetivo desse trabalho foi determinar a influência do cancro basal de origem biótico e abiótico, nos parâmetros de qualidade da madeira para a produção de polpa Kraft. O estudo foi conduzido em três povoamentos de origem seminal de *E. grandis*, procedência Santa Rita do P. Quatros – SP, origem Coff's Harbour, implantados em solos de textura AQ1 e AQ3 (10 a 15% de argila) e solo LEm2 (26 a 35% de argila) na região de Luiz Antonio, SP. Para cada tipo de solo foram instaladas três parcelas de 7500 m<sup>2</sup> de 10x100 com 1000 árvores. A incidência do cancro foi monitorada individualmente de acordo com a presença ou ausência da doença e a severidade, com o auxílio de uma escala diagramática de notas. A amostragem nas parcelas consistiu na escolha aleatória de cinco árvores para cada nível de severidade do cancro basal, totalizando 20 árvores para cada tipo de solo. Estas árvores foram abatidas e seccionadas em 0, 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial e coletados discos de 3 cm de espessura. Os resultados mostraram que: (1) A incidência média do cancro basal seguiu a tendência quanto ao tipo de solo AQ3 (0,25%), AQ1(0,21%) e LEm2 (0,09%). (2) As árvores do solo AQ3 apresentaram maior densidade básica, extrativos totais e lignina, menor teor de celulose e holocelulose na madeira, menor rendimento bruto e maior número kappa na polpação Kraft. (3) As árvores do solo LEm2 apresentaram menor densidade básica, extrativos totais e lignina, e maiores teores de celulose e holocelulose nas madeiras. Na polpação Kraft obteve-se maior rendimento bruto e menor número kappa. (4) O volume das árvores com casca decresceu com a elevação do nível de severidade de cancro basal. (5) Independente do tipo de solo o nível de severidade 3 do cancro basal influenciou para o aumento da densidade básica, extrativos totais e lignina, reduziu os teores de celulose, holocelulose, na polpação Kraft obteve-se rendimento bruto menor e número kappa maior.

**Palavra chave:** cancro basal, *Eucalyptus grandis*, propriedades químicas da madeira, densidade básica.

## Abstract

This study aimed to determine the influence of eucalyptus canker of biotic and abiotic origin on quality parameters of wood for the production of Kraft pulp. The study was conducted at three seeded *Eucalyptus grandis* stands from Santa Rita do P. Quatro - SP (origin: Coff's Harbour), installed on soils classified by texture as AQ1, AQ3 (10 to 15% clay), and LEm2 (26 to 35% clay), in the Luís Antônio region, SP, Brazil. Three 7500 m<sup>2</sup> plots (10×100) with 1000 trees were installed for each soil type. Canker incidence was monitored individually according to the presence or absence of the disease. Severity was monitored by means of a diagrammatic rating scale. Sampling in the plots consisted in randomly selecting five trees for each eucalyptus canker severity level, totaling 20 trees for each soil type. The trees were felled and cut into sections at 0, 25, 50, 75, and 100% of commercial height; 3-cm-thick disks were collected. The results showed that: (1) The mean incidence of eucalyptus canker followed a trend that matched the soil types: AQ3 (0.25%), AQ1 (0.21%), and LEm2 (0.09%). (2) Trees growing on the AQ3 soil had higher basic density, total extractives, and lignin, lower cellulose and holocellulose contents in the wood, lower gross yield, and higher kappa number during Kraft pulping. (3) Trees in the LEm2 soil had lower basic density, total extractives and lignin, and higher cellulose and holocellulose contents in the wood. Higher gross yield and a lower kappa number were obtained during Kraft pulping. (4) The volume of trees with bark decreased as eucalyptus canker severity level increased. (5) Regardless of soil type, eucalyptus canker severity level 3 influenced toward increased basic density, total extractives and lignin, and reduced cellulose and holocellulose contents; in addition, lower gross yield and higher kappa number values were obtained during Kraft pulping.

**Keyword:** eucalyptus canker, *Eucalyptus grandis*, chemical properties of wood, basic density.

---

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor no Curso de Proteção de Plantas da FCA/UNESP – Botucatu-SP.

<sup>2</sup>Professora 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](mailto:eliza@uesb.br)

<sup>3</sup>Professor do Departamento de Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Botucatu SP- 18603-970 – E-mail: [sansigolo@fca.unesp.br](mailto:sansigolo@fca.unesp.br)

<sup>4</sup>Professor do Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas – Botucatu, SP – 18603-970 – E-mail: [elfurtado@fca.unesp.br](mailto:elfurtado@fca.unesp.br)

<sup>5</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES CEP 29500-000 Alegre, ES, e-mail: [wcintra@cca.ufes.br](mailto:wcintra@cca.ufes.br).

<sup>6</sup>Engº Florestal, Departamento de Produção Florestal, Veracell Celulose e Papel, CEP 45820-000 Eunapólis, BA, e-mail:

## INTRODUÇÃO

O Brasil está inserido no ranking dos principais exportadores de polpa celulósica do mundo. A exportação estimada do setor florestal para 2006 corresponde a 5,6% do total exportado pelo país (Anuário Estatístico da ABRAF, 2007).

As celulosas de fibra curta dos eucaliptos são produtos especiais usados na manufatura de papéis de alto volume específico aparente e de alta opacidade. São preferidas para a fabricação de vários tipos de papel (FOELKEL, 2007).

Os papéis fabricados com fibras de eucalipto variam desde produtos tipo "commodities", como os "tissue", couchê, offset, apergaminhados, até os papéis muito especiais, como os filtrantes, decorativos, térmicos, glassines e papel para cigarros (MORI, 2007).

A química da madeira se relaciona com o melhoramento das propriedades do papel que é o produto final da utilização da celulose. A madeira é um material orgânico constituído por celulose, hemiceluloses e lignina, fazem parte das paredes das fibras e da lamela média da célula, são consideradas componentes estruturais da madeira (FOELKEL, 1977).

A composição química da madeira dos eucaliptos é variável, contém 40 a 62% de celulose, 12 a 22% de hemiceluloses e 15 a 25% de lignina, entretanto, existem variações na concentração desses componentes químicos da madeira, devido aos fatores ambientais, genéticos e tratamentos silviculturais (HILLIS & BROW 1978).

Os extrativos são compostos de sais ou minerais inorgânicos, açúcares, polissacarídeos de baixa massa molecular, extraídos da madeira por água e solventes orgânicos, estão localizados no lume e células paraquematosas, exercem influência na umidade de equilíbrio da madeira (FOELKEL, 1977).

A holocelulose é o conjunto dos polissacarídeos contidos na madeira, ou seja, a celulose e as hemiceluloses podem ser definidas também, como a fração total de carboidratos da madeira. E nenhum outro componente químico das polpas de eucalipto influencia mais as propriedades do papel do que as hemiceluloses. A celulose oferece resistência ao papel e as hemiceluloses atuam como agente colante para resistência (ZOBEL & BUYTEN, 1989; FOELKEL, 1977).

A lignina, polímero aromático da madeira, é constituída de unidades de fenil propano, preenche os espaços vazios da parede celular, constitui cerca de 20 a 25% da substância da madeira em folhosas (FOELKEL, 1977).

A densidade básica da madeira é um indicador de qualidade, que permite definir a adequação da madeira ao seu uso final. Assim, a produção de carvão vegetal para siderurgia, dormentes para estrada de ferro, requer espécies de alta densidade. As indústrias de celulose de fibra curta, normalmente trabalham com espécies de densidade básica intermediária (RIBEIRO & ZANI FILHO, 1993).

Os indicadores químicos de qualidade da madeira, como a celulose, holocelulose, lignina, extrativos totais, densidade básica, número kappa da polpa e rendimento bruto da polpação dependem da herança genética, das condições de solo, clima e o estado nutricional em que desenvolvem os maciços florestais (FERREIRA et al., 2006).

A deficiência nutricional das árvores favorece também a agressividade de fungos que são agentes abióticos do cancro basal em eucaliptos. Estudo em solução nutritiva evidenciou que a omissão de boro favoreceu a maior agressividade de *Botryosphaeria ribis* e resultou em maior comprimento da lesão da posição basal do caule provocado pelo fungo, induziu a deficiência de potássio, entretanto concentrações foliares de boro na faixa de 30 a 240 mg Kg<sup>-1</sup> não influenciaram a suscetibilidade de *Eucalyptus citriodora* a *B. ribis* (SILVEIRA et al., 1998).

O cancro basal de origem biótica, causado por *Cryphonectria cubensis* é uma doença de ampla distribuição geográfica (HODGES et al., 1979). Foi primeiramente relatada em Cuba (Bruner, 1916) e no Brasil foi relatado em Rio Claro, São Paulo, como "doença da casca". Atualmente, a doença ocorre desde a região Amazônica até Santa Catarina (KRUGNER & AUER, 2005).

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

A reclassificação de *Cryphonectria* spp. nos *Eucalyptus* e outras mirtáceas em espécies distintas, necessitam de futuros estudos (OLD et al, 2003; MYBURG et al, 2003). Dessa forma, *Cryphonectria cubensis* é o principal agente causal da doença em árvores suscetíveis

nas condições de temperatura elevada e umidade favorável a doença (FERREIRA, 1989; HODGES et al., 1986; OLD et al, 2003; KRUGNER & AUER, 2005; FAO 2007).

O cancro basal tem sido detectado em maior frequência, quando povoamentos de eucalipto são implantados em solos de areia quartzosa, latossolo arenoso distrófico ou álico, sob condições de déficit hídrico. Nesses solos, é comum a existência de níveis limitantes de nutrientes, devido ao rápido ressecamento, o que agrava a deficiência de boro e de outros nutrientes, o que parece ser um fator de predisposição à colonização de patógenos secundários (TOKESHI et al., 1976; SILVEIRA, 1996; 2003).

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

Os sintomas associados a esses patógenos em eucaliptos são podridão de raiz, queima de folhas e ramos, seca da parte superior da copa, seca de ponteiro, escurecimento do tecido da casca e do lenho, formando cancrós típicos na circunferência do tronco, formação de bolsas de quino, que se rompem ficando com aspecto de exudação de gome-se no tronco das árvores e a quebra do fuste na região lesionada, por ventos. (FURTADO, 2006; KRUGNER e AUER, 2005).

As condições de ambiente favorável para ocorrência desses patógenos nos maciços de eucaliptos é, umidade relativa do ar elevada, proporcionada pelas chuvas de verão, temperatura média superior a 23°C com ótimo na faixa de 27 a 33°C.

Solos arenosos com concentração de boro inferior a 10 mg.Kg<sup>-1</sup>, também é condição de predisposição, ocorre à deficiência deste nutriente, fendilhamento na casca, penetração e colonização dos fungos *Dothiorella*, *Lasiodiplodia theobromae* (FURTADO, 2006; SILVEIRA et al., 2003; KRUGNER & AUER, 2005).

O cancro basal em eucaliptos, originado pelo agente biótico *Cryphonectria cubensis*, é uma doença de ampla distribuição geográfica (HODGES et al., 1979) e no Brasil, foi relatada em Rio Claro São Paulo, como "doença da casca". Atualmente a doença ocorre desde a região Amazônica até Santa Catarina. (KRUGNER & AUER, 2005).

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 busque associar os níveis de severidade do cancro aos danos na produção. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi determinar a influência do cancro basal em variáveis de qualidade da madeira para a produção de polpa kraft em plantios de *E. grandis* na região de Luís Antônio, SP.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização das áreas de estudo

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, SP, onde se destacam grandes maciços de reflorestamento com *Eucalyptus* spp.

A altitude da região é de 515 metros, o clima é tipo megatérmico sub-úmido, com ou sem pequena deficiência hídrica, sub-quente ou quente úmido, com três meses secos (INMET). Apresenta verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média de 25°C no verão e 19°C no inverno. Precipitação anual em torno de 1600 mm e umidade relativa média de 71%.

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

**(i) Povoamento I** – Fazenda Cara Preta A: talhão 16, com plantio efetuado em 29/10/1996, tipo de solo AQ1 – composto por areia quartzosa álica ou distrófica, a fraco ou moderado, textura areia-franca (10-15% de argila), relevo suavemente ondulado.

**(ii) Povoamento II** – Fazenda Guatapará A: talhão 15; com plantio em 16/10/1996; tipo de solo LEm2 – Latossolo Vermelho Escuro, álico ou distrófico, a moderada, textura franco-argila-arenosa (26-35% argila), relevo suavemente ondulado.

**(iii) Povoamento III** – Fazenda Fibra IV Altinópolis: talhão 05, com plantio em 16/10/1996, tipo de solo AQ3 – Areia quartzosa álica ou distrófica a moderado (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 m<sup>2</sup>. Nos três povoamentos, o trabalho foi conduzido em nove parcelas, totalizando 9000 árvores que foram monitoradas individualmente.

### **Monitoramento da incidência e severidade do cancro basal**

Para o procedimento das avaliações do nível de severidade do cancro basal, foi adotada a escala diagramática (OLIVEIRA & FURTADO, 2000), fundamentada nas observações dos principais sintomas em campo, com ilustrações das fases de evolução da doença na planta elaborada em quatro níveis de severidade (Figura 1).

O início das avaliações foi em 08/02/2001, quando as árvores estavam com mais de quatro anos. A presença ou ausência do cancro bem como, sua evolução em cada árvore, foram registrados, obtendo-se um mapa de cada povoamento. As avaliações prosseguiram até o final do primeiro ciclo vegetativo da cultura, 2001 e 2002, quando foram obtidos mapas de incidência cumulativa, considerando-se que uma árvore doente em uma avaliação permanecerá doente nas posteriores.

**Entrar Figura 1.**

### **Amostragem de árvores para avaliação dos parâmetros de qualidade**

A amostragem consistiu na escolha aleatória de cinco árvores para cada nível de severidade do cancro basal do eucalipto, conforme escala diagramática, e que representavam os quatro níveis de severidade (Figura 1), sendo 20 árvores em cada povoamento, totalizando 60 árvores na realização desse estudo.

Estas árvores foram abatidas e seccionadas em 0, 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial (Figura 2). 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.

Nos laboratórios de Química da Madeira, Celulose e Papel do Departamento de Recursos Naturais, Ciências Florestais, FCA/UNESP, Botucatu, SP. Foram realizadas as seguintes análises; volume das árvores, densidade básica e composição química das madeiras.

## **Entrar Figura 2**

### **Caracterização das madeiras das árvores**

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), lignina Klason (TAPPI T 222 om-98), holocelulose [ $H=100 - (\% \text{ Lignina} + \% \text{ Extrativos Totais})$ ] e de celulose pelo método peroxiacético (WRIGHT & WALLIS, 1998).

### **Polpação kraf da madeira**

Os toretes foram transformados em cavacos, os quais foram classificados manualmente antes da polpação kraft, para a remoção dos finos e grossos. As polpações foram efetuadas em digestor rotativo de 20l de capacidade, utilizando-se cápsulas nas condições mostradas na Tabela 1.

## **Entra Tabela 1.**

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Influência do cancro basal no volume e densidade básica média da árvore

#### Volume da árvore com casca

O volume das árvores foi semelhante nos três tipos de solo por nível de severidade (Figura 3 A). O valor médio de volume das árvores em função do tipo de solo, independente do nível de severidade do cancro, foi de 0,21 – 0,22 m<sup>3</sup> (Figura 3 B).

#### Entrar Figura 3 AB

Observa-se que a elevação do nível de severidade do cancro basal por tipo de solo provocou decréscimo acentuado nos volumes das árvores (Figura 4 A). O valor médio de volume das árvores em função do nível de severidade, independente do tipo de solo, variou significativamente, considerando-se as médias e desvios padrões determinados (Figura 4 B).

Com base nesses dados observa-se que houve tendência linear na redução do volume da madeira, com valores menores (0,10 m<sup>3</sup>) no nível três de severidade. O que representa 70,58% de dano quando comparado ao volume das árvores sadias (0,34 m<sup>3</sup>); entretanto, as perdas já acontecem no nível 1 de severidade do cancro basal.

Verifica-se que esses dados confirmam os obtidos no estudo de análise temporal quantificação de danos do cancro basal, em que, do nível 1 ao 3 de severidade, o dano no volume da madeira ocorre de 10 a 45% no solo AQ1, e no solo LEm2 dano variou entre 10 a 40%, nos mesmos níveis de severidade.

O volume da madeira de árvores de *E. grandis* com cinco anos, foi reduzido em 5, 86 e 20,96%, na classe de severidade 2 e 3 do cancro basal (FERRARI & COUTO, 1984). Também, FERREIRA (1989), KRUGNER & AUER (2005), fazem referência ao dano causado pelo cancro no volume da madeira.

#### Entrar Figura 4 AB

## Densidade básica

Observa-se que a densidade básica da árvore 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 (Figura 5 A). A densidade básica das árvores sadias (nível 0) foi 469 kg/m<sup>3</sup> no solo LEm2 e inferior nos dos solos arenosos AQ1 (471 kg/m<sup>3</sup>) e AQ3 (507 kg/m<sup>3</sup>). O valor médio da densidade básica da árvore em função do tipo de solo, foi de 466 kg/m<sup>3</sup> (LEm2), 476 kg/m<sup>3</sup> (AQ1) e 501 kg/m<sup>3</sup> (AQ3), conforme Figura 5 B.

### Entrar Figura 5 AB

A densidade básica da madeira apresenta variabilidade entre gêneros, espécies e árvores dentro da mesma espécie, a variação dentro da espécie pode ocorrer em função da origem da semente, condições locais de clima, solo, sistema de implantação e condução da floresta, idade e ritmo de crescimento (BARRICHELO et al., 1983). No presente estudo verifica que o tipo de solo foi o diferencial para o aumento da densidade básica da madeira.

A densidade básica também se relaciona diretamente com a idade, árvores mais velhas a maior densidade básica ocorre devido ao espessamento da parede das fibras, aumento do comprimento da fibra e a deposição de extrativos (FOELKEL, 1974).

A densidade básica de árvores de *E. grandis* aos três anos de idade variou de 0,304 g/cm<sup>3</sup> a 0,562 g/cm<sup>3</sup> e não houve influencia dos extrativos nos valores de densidades nessa faixa de idade (BRASIL et al., 1979).

Os clones de *Eucalyptus* têm demonstrado vantagens na utilização de madeiras com densidades básicas mais baixas. Essas vantagens corresponderiam à necessidade de utilização de menores cargas alcalinas, com reflexos favoráveis no rendimento e viscosidade da polpa celulósica e a desvantagem é o consumo específico de madeira mais elevado (LANNA et al., 2001). Já o uso de madeiras com densidade mais alta requer cargas de álcali mais elevadas para possibilitar maior eficiência de difusão dos íons e obtenção do número kappa (MORKFIENSKI et al., 2003).

A avaliação de clones de *Eucalyptus* visando à produção de polpa Kraft de qualidade, os valores médios de densidade básica variaram de 0,391 a 0,751m<sup>3</sup> sendo considerados elevados para a idade de 5,6 anos das árvores. O espaçamento amplo (10x4) e adubações intercaladas certamente contribuíram para esses resultados (TRUGILHO, et al 2005).

A caracterização de dez clones de *Eucalyptus* plantados no Brasil para produção de celulose apresentou densidade básica variando de 465 a 490 kg/m<sup>3</sup> em 40% das madeiras a densidade básica foi acima de 500kg/m<sup>3</sup>. Esses dados indicam que as empresas nacionais de celulose têm priorizado, na seleção de clones, densidades próximas a 500 kg/m<sup>3</sup>, com tendência para densidades ligeiramente inferiores (GOMIDE et al., 2005).

As árvores com cancro basal (níveis 1 e 3) tenderam a apresentar densidade básica mais elevada que as árvores sadias (nível 0) por tipo de solo (Figura 6 A). As árvores com cancro basal (nível 2) apresentaram densidade básica inferiores quando comparadas com as árvores sadias.

O valor médio da densidade básica da árvore em função do nível de severidade, independente do tipo de solo, foi de 483 kg/m<sup>3</sup> (árvores sadias 0), 490 kg/m<sup>3</sup> (nível 1), 460 kg/m<sup>3</sup> (nível 2) e 492 kg/m<sup>3</sup> (nível 3). Figura 6 B.

### **Entrar Figura 6 AB**

Uma das características da madeira com cancro é apresentar maior densidade básica. Árvores sadias de *E. grandis* com cinco anos de idade no Espírito Santo, a densidade básica foi de 465 kg/m<sup>3</sup> e as árvores com cancro a densidade básica foi de 477 kg/m<sup>3</sup>; os vasos da madeira com cancro apresentaram fibras menores, estreitas, delgadas; vasos curtos e estritos (FOELKEL, 1974). No presente estudo, região norte de São Paulo as árvores com cancro apresentaram densidade básica de 492 kg/m<sup>3</sup>.

## **Influência do nível de severidade do cancro basal na composição química da madeira**

### **Teor de extrativos totais na madeira**

O teor de extrativos totais na madeira das árvores provenientes do solo LEm2 (26 a 35% de argila) foi inferior que o dos solos AQ1 e AQ3, nos diversos níveis de severidade de cancro basal. Os teores de extrativos totais mais elevados foram encontrados nas árvores do solo arenoso AQ3 (Figura 7 A).

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) (Figura 7 B).

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 (GOMIDE et al., 2005). Os dados desse estudo mostram que os solos LEm2 e AQ1 apresentaram teores de extrativos totais menores.

### **Entrar Figura 7 AB**

A elevação do nível de severidade do cancro basal, por tipo de solo, provocou elevação no teor de extrativos totais da madeira (Figura 8A). O valor médio do teor de extrativos em função do nível de severidade, independente do tipo de solo, mostra tendência de elevação considerando-se média e desvio padrão determinado (figura 8 B).

Para árvores sadias de *E. grandis*, com 5 anos de idade, o teor de extrativos totais com solubilidade em água quente foi de 3,4%, enquanto que nas árvores com cancro foi de 13,4%. Quando a solubilidade foi em álcool benzeno, o teor de extrativos totais para as árvores sadias foi de 1,47% e 3,11% para as árvores com cancro. Entretanto, quando a solubilidade ocorreu em NaOH 1%, o teor de extrativos totais para as árvores sadias foi 13,4% e para árvores com cancro foi de 22,1% (FOELKEL et al., 1976).

### **Entrar Figura 8 AB**

### **Teor de lignina na madeira**

O teor de lignina nas madeiras das árvores sadias dos solos arenosos (AQ1 = 24,8% e AQ3 = 14,9%) foi ligeiramente maior 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 (Figura 9 A). 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) (Figura 9 B).

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, o menor teor de lignina foi encontrado na madeira das árvores do solo LEm2 do que nos solos arenosos.

### **Entrar Figura 9 AB**

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 ( Figura 10 A). 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%) (Figura 10 B).

Esse aumento da lignina pode está relacionado com o a densidade básica maior (492 kg/m<sup>3</sup>) bem como, de extrativos totais (4,045) das árvores com cancro no nível três de severidade. O cancro elevou o teor de lignina de 27,0% nas árvores sadias, para 29,0% nas árvores de *E. grandis* com cancro. (FOELKEL et al, 1976)

### **Entrar Figura 10 AB**

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).

### **Teor de celulose na madeira**

O teor de celulose na madeira das árvores sadias independente do tipo de solo foi de 51,33 apresentando pequeno decréscimo nos diversos níveis de severidade de cancro basal . Os menores valores de teor de celulose foram encontrados nas madeiras das árvores do solo AQ3 (Figura 11 A). 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 50,90% (LEm2), 50,54% (AQ1) e 49,75% (AQ3) (Figura 11 B).

### **Entra Figura 11 AB**

O teor de celulose na madeira, em função do nível de severidade do cancro (Figura 12). Nota-se que a elevação do nível de severidade do cancro basal, por tipo de solo provocou diminuição no teor de celulose, principalmente nas árvores do solo AQ3 (Figura 10 A). O valor médio do teor de celulose, em função do nível de severidade, independente do tipo de solo, mostra tendência de diminuição considerando-se a média e desvio padrão determinado (Figura 10 B).

### **Entra a Figura 12**

### **Teor de holocelulose na madeira**

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 (Figura 13 A). Independente do nível de severidade do cancro, o valor médio de teor de holocelulose nas

madeiras das árvores em função do tipo de solo (Figura 13B) foi, 72,84% (LEm2), 72,10% (AQ1) e 70,06% (AQ3).

### **Entra Figura 13 AB**

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). Tanto a holocelulose como a lignina é constituída exclusivamente de carbono, hidrogênio e oxigênio e servem como fonte de energia e carbono para o crescimento do fungo.

ANDRADE (2007) inoculou toras de eucaliptos com *Lentinula edodes* e fez referência ao aumento das médias dos teores de extrativos totais e de lignina devido à degradação da holocelulose da madeira ao longo do cultivo do fungo.

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. Dessa forma, espera-se que no nível três de severidade do cancro, a madeira apresente baixo teor de homocelulose e celulose, quando comparado com o valor obtido nas árvores sadias.

O teor de holocelulose em função do nível de severidade, independente do tipo de solo, mostra tendência a linearidade considerando as médias e desvios padrão determinados (Figura 14 B). Assim, as árvores sadias apresentaram valor médio de 72,45%, com leve decréscimo de 70,06% no nível três de severidade, dados semelhantes ocorreram com relação ao tipo de solo, sendo que o solo AQ3 a madeira apresentou o menor teor de holocelulose 70,06% (Figura 14 AB)

Os valores de holocelulose apresentados nesse estudo foram superiores, aos indicados como parâmetro de um mínimo de 67,79%, máximo de 76,63% e a média de 73,19% para um menor custo no processo de polpação para 64 clones selecionados de *Eucalyptus grandis* (BARREIROS et al., 2002).

### **Entra Figura 14 B**

## **Influência do nível de severidade do cancro basal na polpação**

### **Rendimento bruto**

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 (Figura 15A). O valor médio de rendimento da polpação das árvores em função do tipo de solo, independente do nível de severidade de cancro, foi de 51,27% (LEm2), 51,35% (AQ1) e 49,44% (AQ3) (Figura 15 B).

#### **Entra Figura 15 AB**

O menor rendimento bruto da polpação no solo AQ3 pode ser atribuído a maior densidade básica da madeira (Figura 5A), ao maior teor de extrativos totais (Figura 7A), ao menor teor de celulose (Figura 11A) e ao menor teor de holocelulose (Figura 13A). A correlação entre rendimento volumétrico com a densidade básica da madeira em eucaliptos foi observada por FOEKEL et al,(1974).

Observa-se que a elevação do nível de severidade do cancro basal por tipo de solo reduziu o rendimento bruto da polpação, principalmente, quando da comparação de árvores saudas com o nível 3 de severidade (Figura 16 A). O valor médio de rendimento da polpação, independentemente do tipo de solo, mostra decréscimo entre árvores saudas (51,07%) e nível 3 de severidade (50,06%) (Figura 16 B).

#### **Entra Figura 16 AB**

### **Número kappa**

O número kappa da polpa de árvores provenientes do solo argiloso-arenoso LEm2 foi inferior que as dos solos arenosos AQ1 e AQ3 (Figura 17 A). 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).

### **Entra Figura 17 AB**

O número kappa é um método de determinação da lignina residual na polpa e quanto mais elevado maior teor de lignina residual. Assim, a densidade básica e teor de lignina na madeira são as variáveis mais importantes da madeira que influenciam no grau de deslignificação da polpação. Então, o menor número kappa da polpa das árvores do solo LEm2 pode ser atribuído a menor densidade básica destas árvores (Figura 5A) e ao menor teor de lignina (Figura 9A).

Pode ser observado que a elevação do nível de severidade do cancro basal por tipo de solo elevou o número kappa, somente, quando da comparação de árvores sadias com o nível 3 de severidade (Figura 18 A). 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) (Figura 18 B).

### **Entra Figura 18 AB**

Esses resultados são explicados pelo estudo de dinâmica espaço-temporal do cancro basal em *Eucalyptus grandis*, possivelmente, o solo AQ3 que se difere do AQ1 pela influência de rochas básicas, apresenta maior macroporosidade, baixa retenção de água e nutrientes que aliado a temperaturas elevadas no verão, proporcione um ambiente favorável a ocorrência do cancro basal em intensidade e severidade maiores que os solos AQ3 e Lem2.

Os resultados desse estudo permitem trazer o conhecimento de que a textura do solo exerce influência na qualidade da madeira, assim, as árvores do solo AQ3 (10 a 15% de argila) apresentaram densidade básica, extrativos totais, lignina maior e teores menores de celulose, holocelulose nas madeiras. Conseqüentemente obteve-se, rendimento bruto menor e maior número kappa na polpação Kraft.

As árvores do solo LEm2 (26 a 35% de argila) apresentaram densidade básica, extrativos totais e lignina menor, e teores maiores de celulose, holocelulose nas madeiras. Na polpação Kraft obteve-se rendimento bruto maior e número kappa menor.

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

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

As respostas obtidas desse trabalho permitem concluir que, a textura do solo influencia a incidência e severidade do cancro do eucalipto e esse fato deve ser considerado quando da qualidade química da madeira e seu destino final.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira Florestal dos Produtores de Florestas Plantadas. Disponível em: [www.abraflor.org.br/estatistica/anuario-ABRAF-2007.pdf](http://www.abraflor.org.br/estatistica/anuario-ABRAF-2007.pdf) acesso em 13/08/2007

ANDRADE, M. C. N. de. **Crescimento micelial, produção e características bromatológicas do shiitake em função de linhagens e de propriedades físicas e químicas de espécies e clones de eucalipto**. 195p. Tese (DS) FCA/UNESP Botucatu, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – ABTCP. **Normas técnicas**: M 3/89, M 11/77 e M 5/68. São Paulo: ABTCP, 1974.

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** 55 (4): 577-577, 2006.

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**, 61:25-39, .2002.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO J. O. Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para produção de celulose sulfato branqueada. **IPEF**, 13: 9-38, 1976.

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO J.O; BAZANELLI, A.V. Densidade básica e características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3., **Anais....**112-125, 1983.

BRASIL, M.A.M. Densidade básica de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, aos 3 anos de idade **IPEF**, 19: 63-76, 1979.

COLLINS, D. J.; PILOTTI, C. A; WALLIS, A. F. A. Correlation of chemical composition and Kraft pulping proprieties of some papua, New Guinea reforestation woods. **Appita Journal**, 43 (3): 193-198, 1990.

DAVISON, E. M.; TAY, F.C.S. Twig, branch and upper trunk cankers of *Eucalyptus marginata*. **Pant Dis**. 67: 1281287, 1983.

FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. Manual de Campo Plagas Y enfermedades de Eucaliptos Y Pinos em al Uruguay. 173p. Disponível em: [www.mgap.gub.Uy/Forestal/Fao.Manualdecampo.pdf](http://www.mgap.gub.Uy/Forestal/Fao.Manualdecampo.pdf) Acesso em 13/08/2007.

FERREIRA, F. A. **Patologia florestal principais doenças florestais do Brasil**. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570p.

FERREIRA, C.R.; FANTINI JUNIOR, M; COLODETTE, J.L; OLIVEIRA R.C; GOMIDE, J.L; CARVALHO, A.M.M.L. Avaliação tecnologia de clones de eucalipto: parte 2 qualidade da celulose branqueada Kraft para papel de imprimir e escrever. **Scientia Forestalis** 71: 9-18, 2006.

FERRARI, M.P.; KRUGNER, T. L; COUTO, H.T.Z. Avaliação de perdas em rendimento de madeiras devido ao cancro do *Eucalyptus* causado por *Cryphonectria cubensis* (Bruner) Hodges. **IPRF**, 27: 9-15, 1984.

FOELKEL, C. E. B. Rendimento em celulose sulfato de *Eucalyptus* spp em função do grau de deslignificação e da densidade da madeira. **IPEF**, .9: 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**, 37: 12, 1976.

FOELKEL, C. E. B.; ZVINAKEVICIUS, C; ANDRADE, J.O.M. O cancro do eucalipto e sua influencia sobre a qualidade da celulose kraft. **Cenibra Pesquisa**, 58: 1-34, 1978.

FOELKEL, C. E. B. Qualidade da madeira. Viçosa, **Cenibra Pesquisa**, 60p. 1977.

FOELKEL, C.E.B. Custos e Rentabilidades na Produção de Madeira de Eucalipto em Povoamentos Manejados por Talhadia Simples e Corte Raso. 5p. Disponível em: [www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br). Acesso em 13/08/2007.

FURTADO, E. L. Material didático. Disponível em: [www.fca.unesp.br/intranet/furtado.pdf](http://www.fca.unesp.br/intranet/furtado.pdf). Acesso em 20 de Setembro de 2006.

GOMIDE, J.I.; 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**, 29 (1): 129-137 2005.

HODGES, C.S.; GEARY, T.F; CORDELL, C.E. The occurrence of *Diaporthe cubensis* on eucalyptus in Florida, Hawaii, Puerto Rico. **Plant Disease Reporter**, 63(3):216-220, 1979.

HODGES, C.S.; ALFENAS, A.C; FERREIRA, F. A. The conspecificity of *Cryphonectria cubensis* and *Endothia eugeniae*. **Mycologia**, 78(3):343-350, 1986.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. Eucalyptus for wood production. Melbourn, CSIRO, 434p. 1978.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: [www.inmet.gov.br/html/agro.html](http://www.inmet.gov.br/html/agro.html).

KRUGNER, T.L AUER, C. G. Doenças dos Eucaliptos. In: Kimati, H.; Amorim; Rezende, J.A. M; Bergamin Filho, A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**, 4<sup>a</sup> ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2: 320-333, 2005.

LANNA, A. E. Maximizing pulp yield potential of Cenibràs wood supply. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON THE CHEMISTRY OF LIGNINS AND OTHER WOOD COMPONENTS, 7. **Proceedings** p. 159-167, Belo Horizonte, 2001.

MORI, A. Conversando com Alberto Mori sobre os papéis dos eucaliptos. Disponível em [www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br). Acesso em 13/08/2007.

MOKFIENSKI, A. Importância da densidade e do teor de carboidratos totais da madeira de eucalipto no desempenho da linha de fibras. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE CELULOSE KRAFT DE EUCALIPTO. **Colóquio..** p. 15-38. Viçosa, 2003.

MYBURG, H.; GRYZENHOUT, 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** 44:187- 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*. Aust. **J. Bot.** 38: 571-581, 1990.

OLD, K.M.; WINGFIELD, M.J; YUAN, Z.Q. **A manual of diseases of Eucalypts in South-East Asia**. Center for International Forestry Research, 106p. 2003.

OLIVEIRA, R.R.; FURTADO, E. L. Relatório de Iniciação científica **PIBIC/FCA/UNESP** .2000.

PÉREZ-VERA, O. A.; YAÑEZ-MORALES, M. J; ALVARADO-ROSALES, D; CIBRIÁN-TOVAR, D; GARCÍA-DÍAZ, S.E. Hongos asociados a eucalipto, *Eucalyptus grandis* Hill: Maid **Agrociencia**, 39:311-318, 2005.

RAYNER, A. D. M.; BODDY, L. **Fungal decomposition in wood: it is biology and ecology**. New York: John Wiley, 1988, 587p.

RIBEIRO, F. de A.; ZANI FILHO, J. Variação da densidade básica da madeira em Espécies/Procedências de *Eucalyptus* spp. **IPEF**, 46:76-85, 1993.

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**, 54: 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.** Dissertação (Mestrado) – ESALQ-USP, 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**, 18: 39-45, 2004.

SILVEIRA, R.L.V.A.; MALAVOLTA, E. Produção e características químicas da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* em função das doses de potássio na solução nutritiva. **Scientia forestalis**, 63:115-135, 2003.

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**, 21(4): 482-485, 1996b.

SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N; KRUGNER, T. L. Estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* Hook cultivado sob diferentes doses de boro e sua relação com a agressividade de *Botryosphaeria ribis*. **Scientia Forestales**, 53:57-70, 1998.

SHEARER, B.L.; TIPPETT, J.Y; BARTLE, J.R. *Botryosphaeria ribis* infection associated with the death of *Eucalyptus radiata* in species section trials. **Plant disease**, 71:140-145, 1987.

TAPPI. TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. Normas técnicas. Atlanta, 1999. Preparation of wood for Chemical Analysis, Norma TAPPI T 12 wd-82. Acid-Insoluble Lignin in Wood and Pulp, Norma TAPPI T 222 om-98. Kappa Number of Pulp, Norma TAPPI T 236 cm-85.

TOKESHI, F.; GUIMARÃES, R.F; TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em São Paulo. **Summa Phytopathologica**, 2:122-126, 1976.

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**, 15(2):. 145-155, 2005.

TRUGILHO, P. F.; BIANCHI, M. L; ROSADO, S. C. da SILVA; LIMA, J. T. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, 73: 55-62, 2007.

WINGFIELD A. J. Increasing threat of diseases to exotic plantation forests in the Southern Hemisphere: lessons *Cryphonectria* canker. **Australasian Plant Pathology** 32: 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**, 81(2): 126-130, 1988.

VALENTE, C. A.; MENDES, SOUZA. A. P; FURTADO, F. P; CARVALHO, A. P. Improvement program for *Eucalyptus globulus* at Portucel: Technological component. **Appita Journal**, 45 (6): 403-407, 1992.



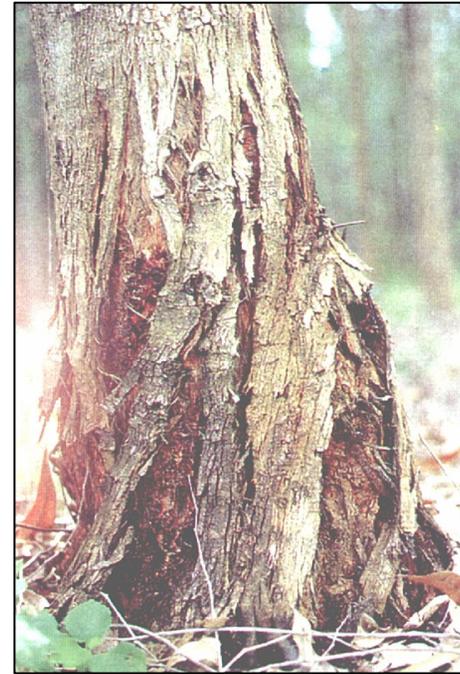
Nível 0: Árvore sadia.



Nível 1: Árvores com cancos superficiais, sem o comprometimento significativo da região cambial.



Nível 2: Árvores com danos mais pronunciados, mostrando algum comprometimento da região cambial.

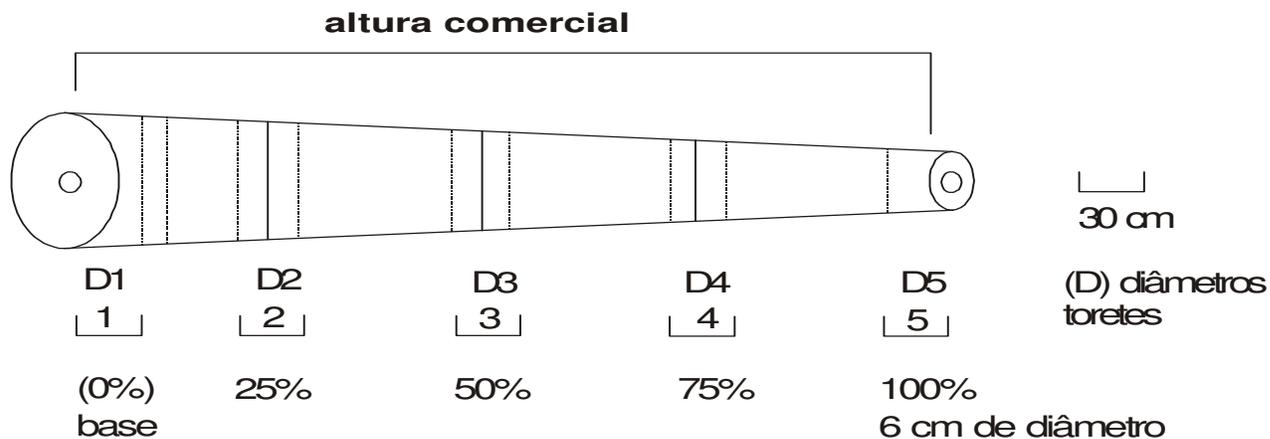


Nível 3: Árvores com danos severos, comprometimento acentuado da região cambial e do lenho.



Nível 4: Árvore morta pelo cancro.

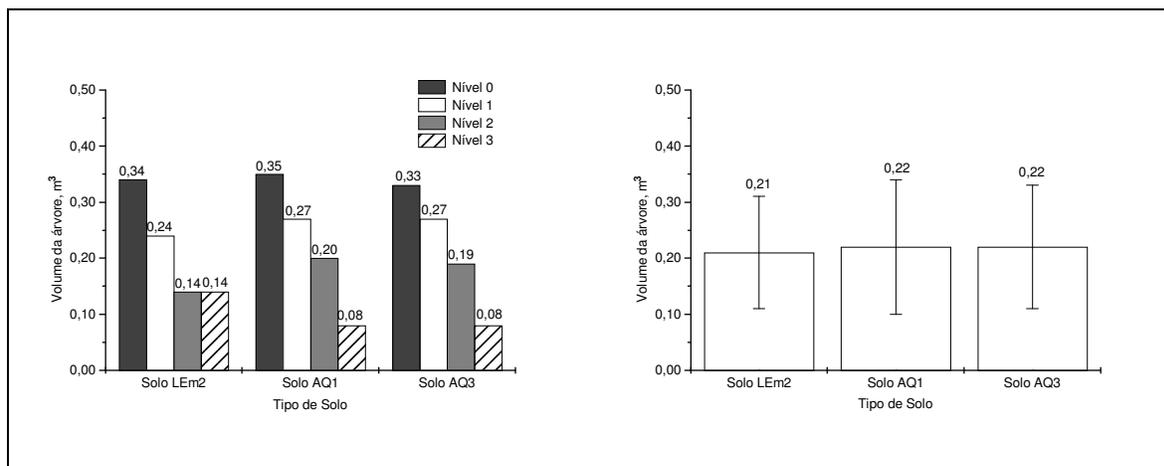
**Figura 1.** Escala diagramática com categorias de severidade de ataque para o cancro basal do Eucalipto (Oliveira & Furtado, 2000).



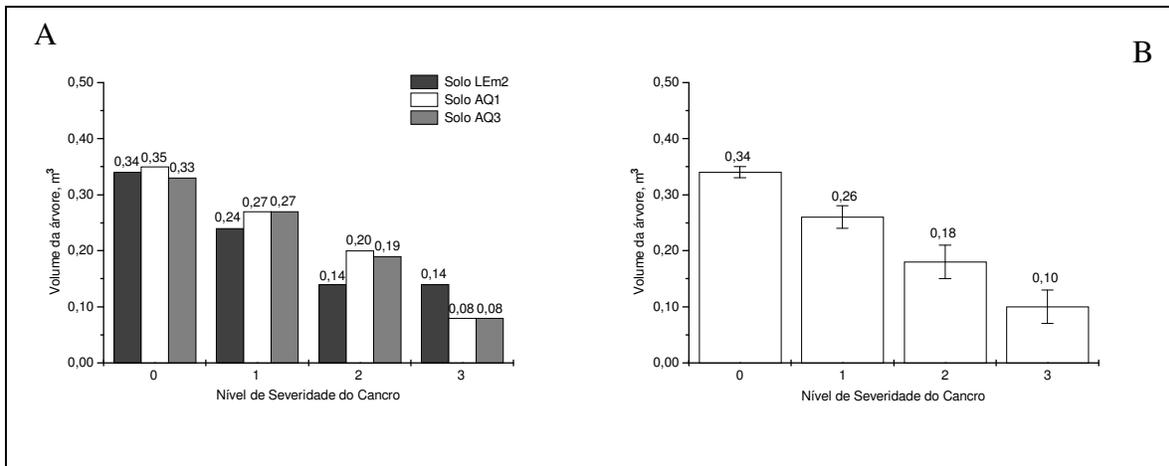
**Figura 2.** Esquema da amostragem para avaliação da madeira.

**Tabela 1.** Condições nas designificações Kraft.

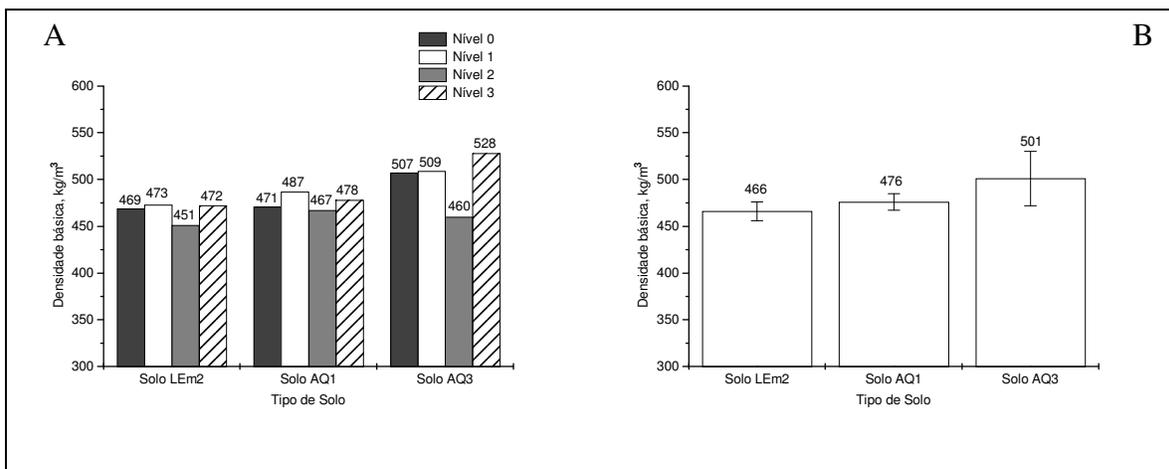
Parâmetros	Condição
Álcali ativo, % como Na <sub>2</sub> O	14,0
Sulfidez, %	25
Temperatura, °C	170
Tempo de subida, hs	1
Tempo à temperatura, hs	2
Relação licor/madeira, L/kg s.e.	4/1



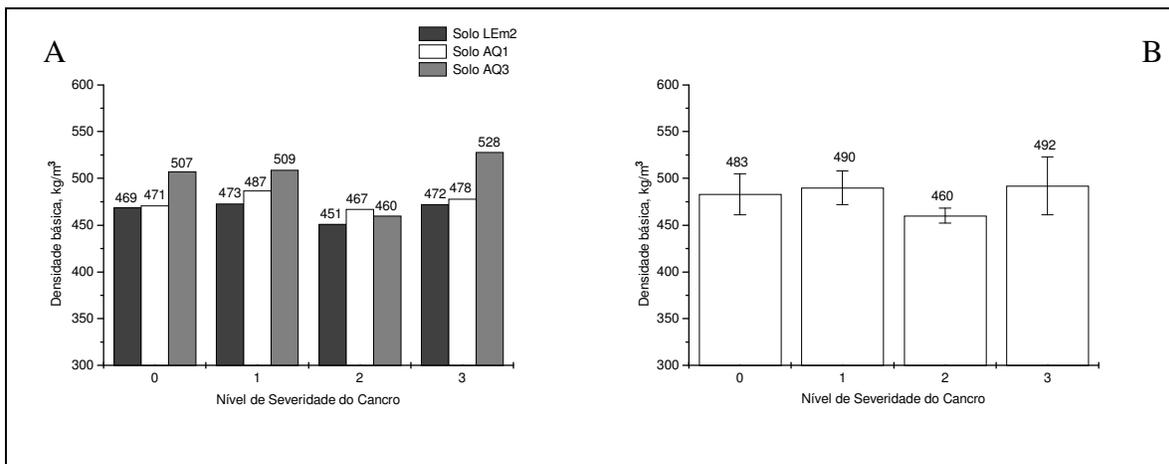
**Figura 3.** Volume, m<sup>3</sup> da árvore com casca, em função do tipo de solo.



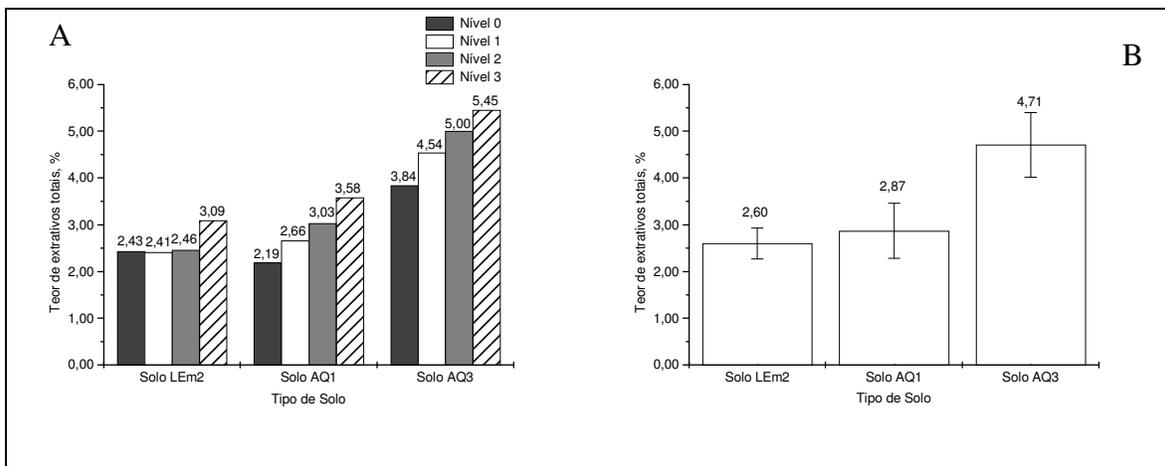
**Figura 4.** Volume, m<sup>3</sup> da árvore com casca, em função do nível de severidade do cancro basal.



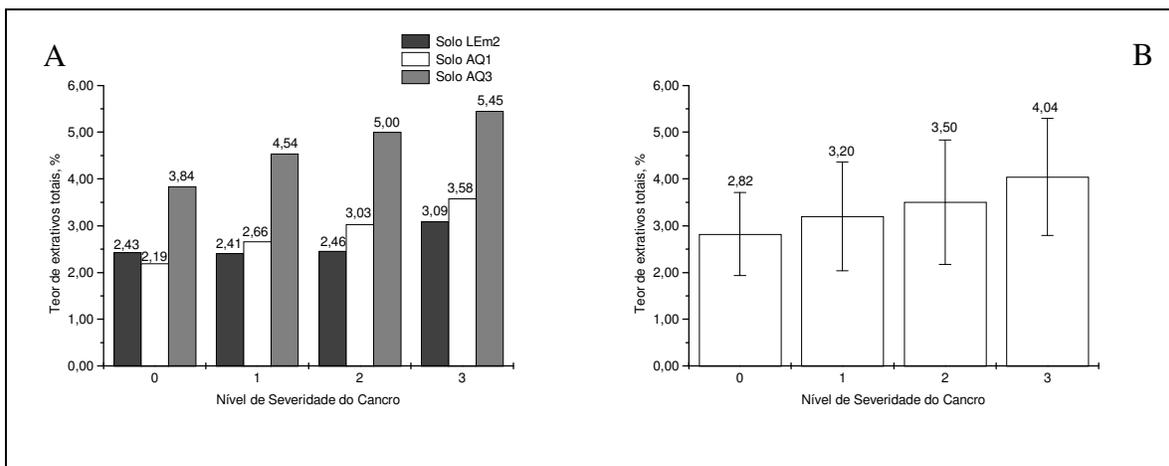
**Figura 5.** Densidade básica média da árvore, em função do tipo de solo.



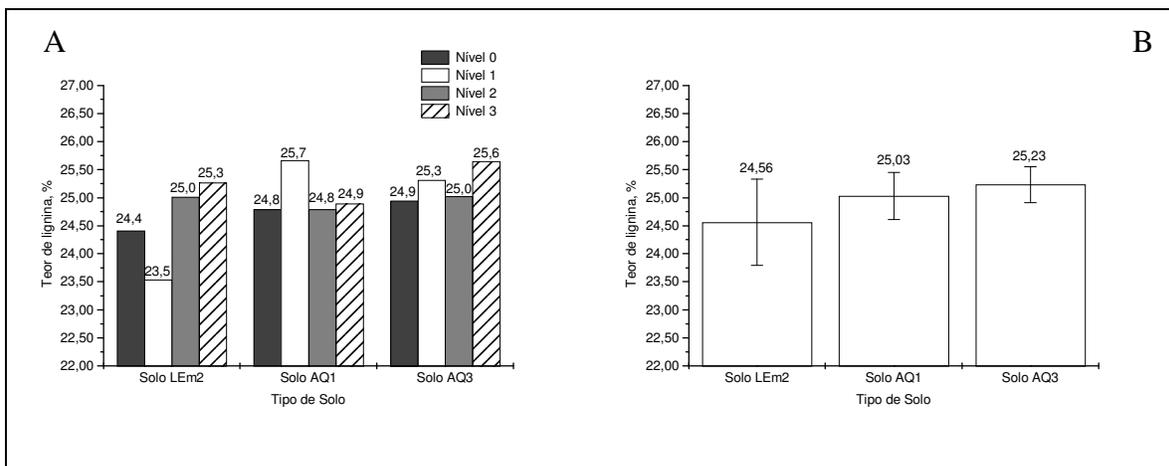
**Figura 6.** Densidade básica média da árvore, em função do nível de severidade do cancro basal.



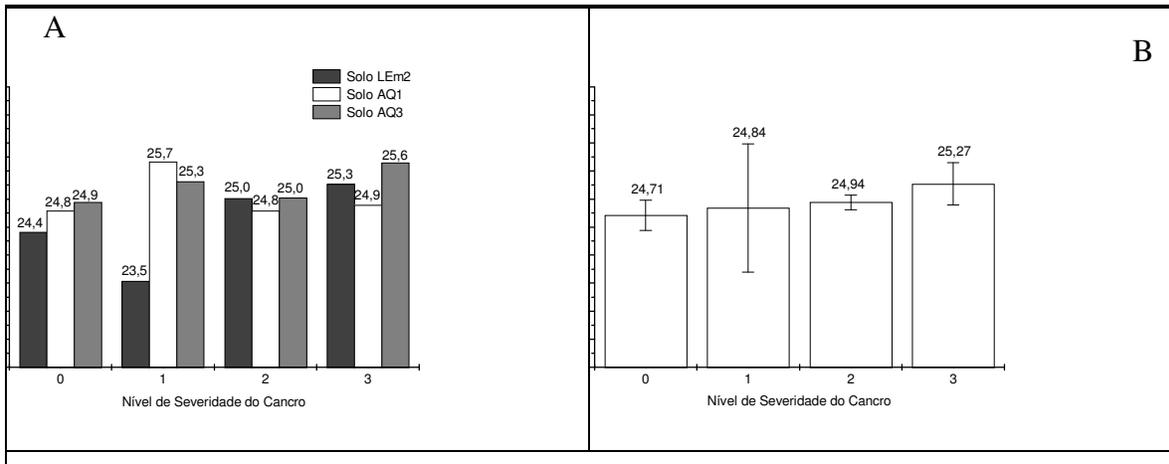
**Figura 7.** Teor de extrativos totais na madeira, em função do tipo de solo.



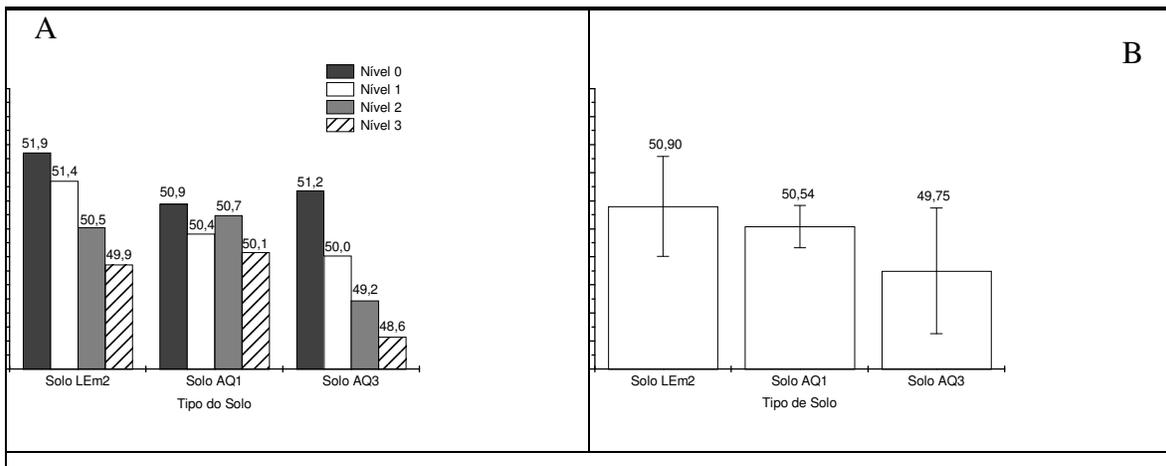
**Figura 8.** Teor de extrativos totais na madeira, em função do nível de severidade do cancro basal.



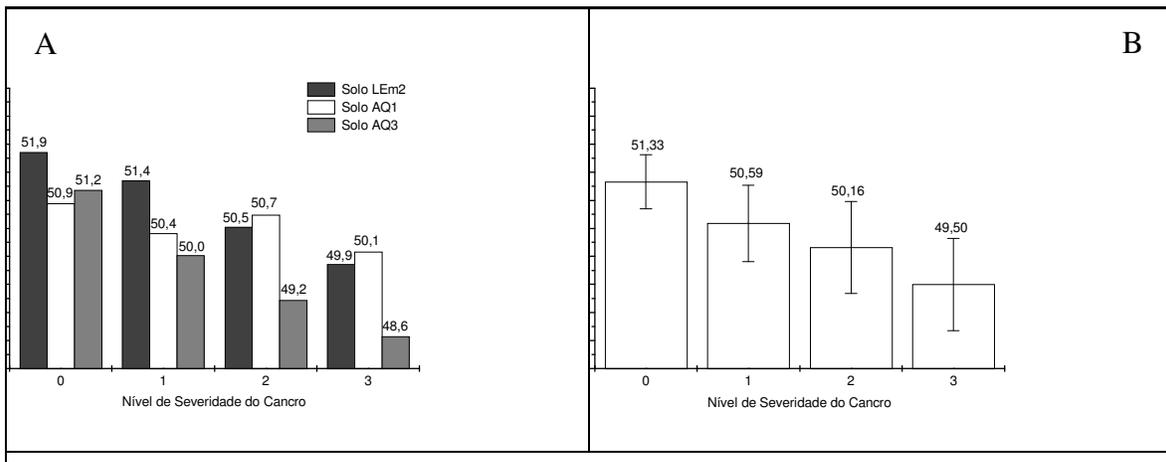
**Figura 9.** Teor de lignina na madeira, em função do tipo de solo.



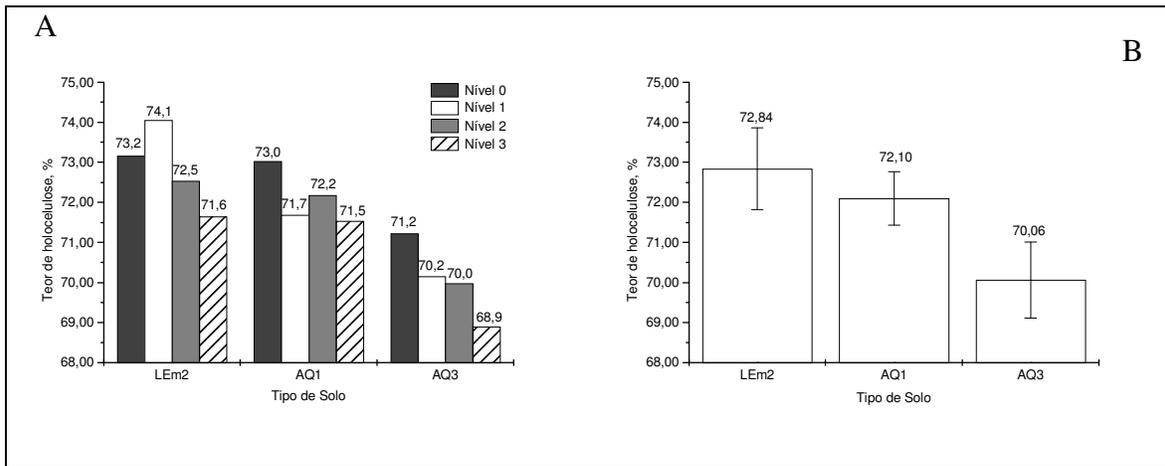
**Figura 10.** Teor de lignina na madeira, em função do nível de severidade do cancro basal.



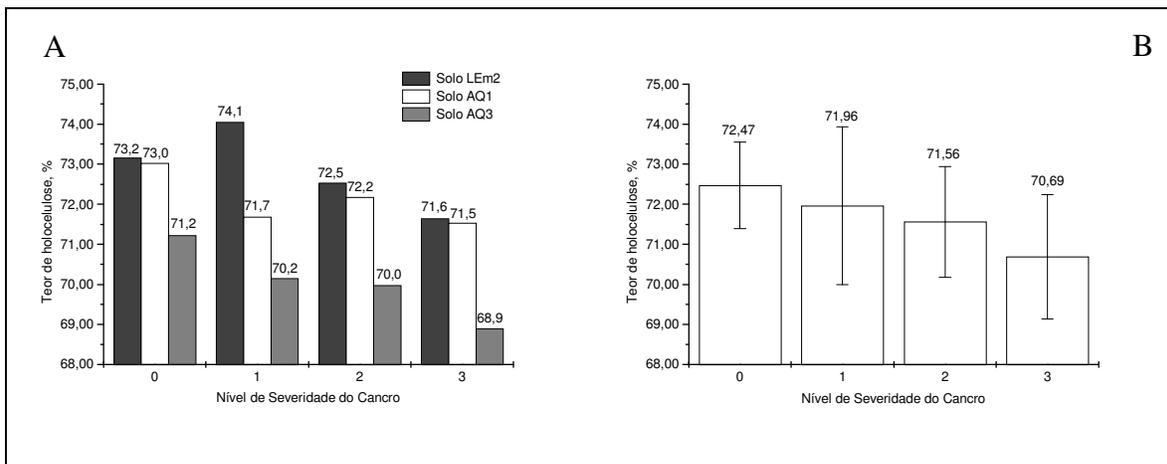
**Figura 11.** Teor de celulose na madeira, em função do tipo de solo



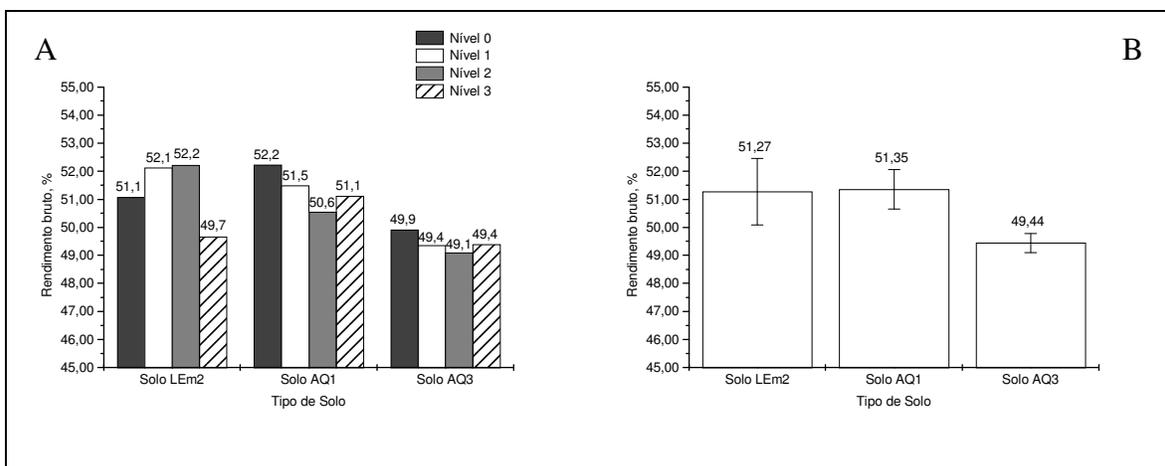
**Figura 12.** Teor de celulose na madeira, em função do nível de severidade do cancro basal.



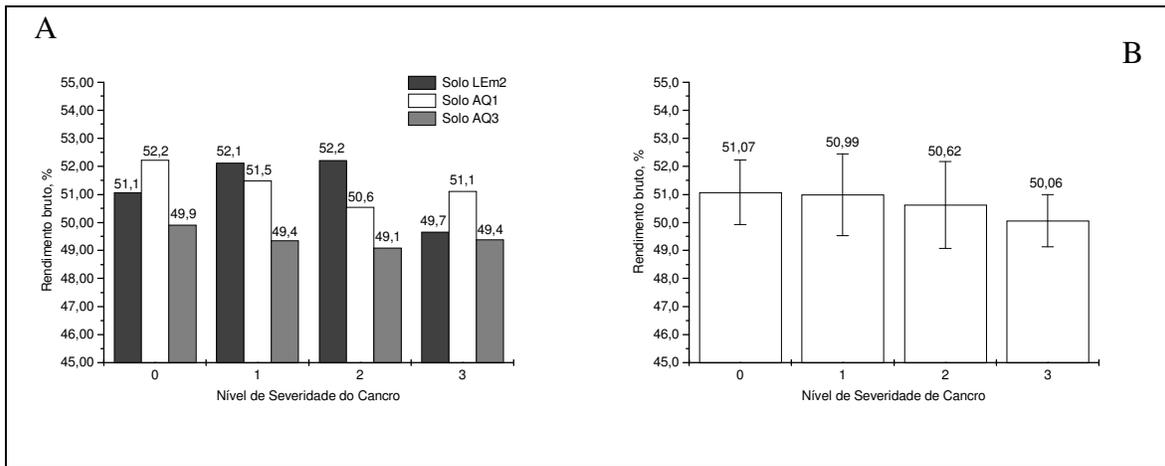
**Figura 13.** Teor de holocelulose na madeira, em função do tipo de solo



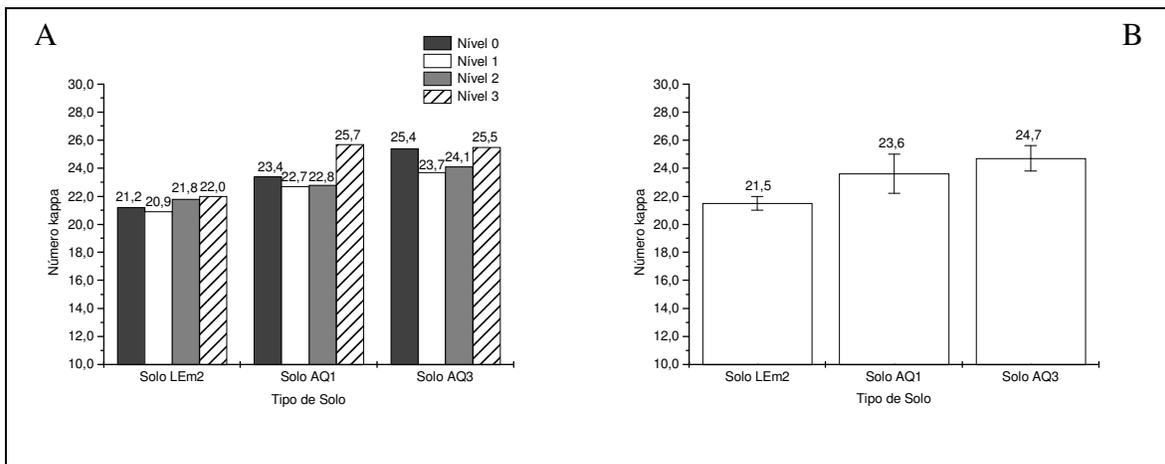
**Figura 14.** Teor de holocelulose na madeira, em função do nível de severidade do cancro basal.



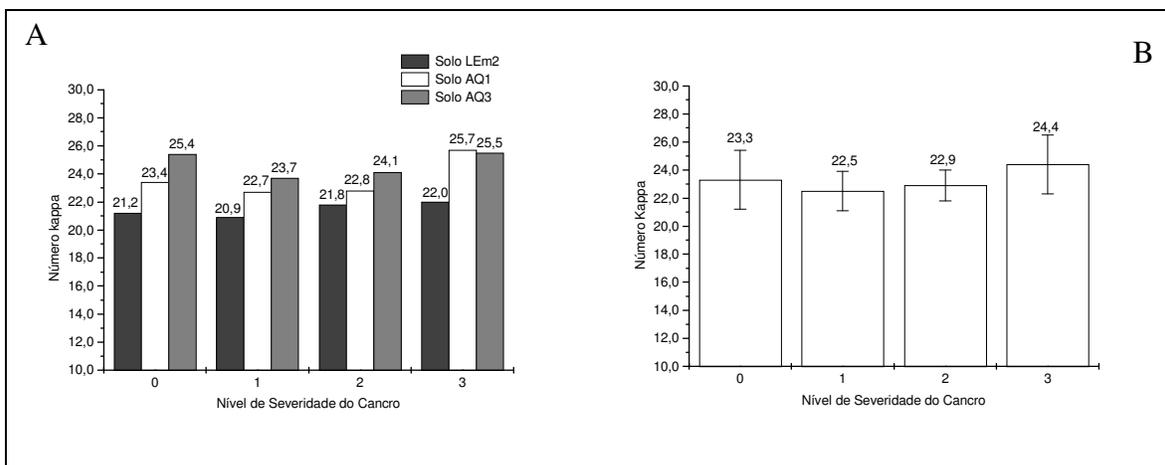
**Figura 15.** Rendimento bruto da polpação kraft, em função do tipo de solo



**Figura 16.** Rendimento bruto da polpação kraft em função do nível de severidade do cancro



**Figura 17.** Número kappa da polpa, em função do tipo de solo



**Figura 18.** Número kappa da polpa, em função do nível de severidade do cancro

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

- 1- A evolução espacial do cancro basal de *E. grandis* apresenta tendência a agregação, independente da textura de solo.
- 2- Nos solos de textura areia franca AQ3 e AQ1 a incidência do cancro foi 2,52 e 2,1%, a maior que do solo LEm2.
- 3- O quadrat 5x10 apresentou melhor ajuste para o estudo do cancro basal em *E. grandis*.
- 4- O maior número de focos foram classificados como unitários (54%).
- 5- A evolução temporal do cancro ocorreu de forma lenta, característicos de patógenos poliéticos.
- 6- Houve relação positiva entre o aumento dos níveis de severidade do cancro basal e a redução no volume da madeira.
- 7- A madeira das árvores com cancro basal, no nível de severidade 3 apresentou densidade básica, teores de extrativos totais, lignina e número kappa maiores; celulose, holocelulose e rendimento na polpação kraf menores.
- 8- O solo (AQ3) de textura arenosa influenciou a qualidade da madeira de eucalipto para produção de polpa kraf.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

ABRAF - Associação Brasileira Florestal dos Produtores de Florestas Plantadas. Disponível em: [www.abraflor.org.br/estatistica/anuario-ABRAF-2007.pdf](http://www.abraflor.org.br/estatistica/anuario-ABRAF-2007.pdf) acesso em 13/08/2007.

ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V; MAFIA, R.G; ASSIS, T.F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 2004. 442p.

ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V. **Doenças na cultura do eucalipto**. Viçosa, MG:SIF,164p. 2007.

ALFENAS,A.C.; GUIMARÃES, L.M.DA S. Resistência Genética em Patossistemas Florestais. **Fitopatologia Brasileira** 32 (Suplemento), S89: S91. 2007.

ANDRADE, M. C. N. Crescimento micelial, produção e características bromatológicas do shiitake em função de linhagens e de propriedades físicas e químicas de espécies e clones de eucalipto. 195p. Tese (DS) FCA/UNESP Botucatu, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – ABTCP. **Normas técnicas:** M 3/89, M 11/77 e M 5/68. São Paulo: ABTCP, 1974.

AUER, C.G.; KRUGNER, T.L. Ocorrência de *Valsa ceratosperma* (tode: Fr.) Maire (Diaporthales) em *Eucalyptus grandis* Hill: Maiden, no Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, 21:1-6, 1994.

AUER, C.G.; KRUGNER, T. L. Influência do solo na incidência de cancro em *Eucalyptus grandis* **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, 34:65-73,1997.

BARNARD, E.L.; GERARY, T; ENGLISH, J.T; GILLS, S.P. Basal canker and coppice failure of *Eucalyptus grandis* in Florida. **Plant disease**, 71(4):358-361, 1987.

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** 55 (4): 577-577, 2006.

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**, 61: 25-39, 2002.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO J. O. Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para produção de celulose sulfato branqueada.. **IPEF**, Piracicaba, 13:9-38, 1976.

BARRICHELLO, L.E.G.; BRITO J.O; BAZANELLI, A.V. Densidade básica e características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3., **Anais...** p.112-125. 1983.

BASSANEZI, R.B.; LARANJEIRA, F. F. Spatial patterns of leprosis and its vector in commercial citrus groves in Brazil. **Plant Pathology** 56:97-106, 2007.

BASSANEZI, R.B.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; GIMENES-FERNANDES, N. GOTTWALD, T. R.; BOVÉ, J. M. Spatial and temporal analyses of citrus sudden death as a tool to generate hypotheses concerning its etiology. **Phytopathology** 93:502-512, 2003.

BERGAMIMIN FILHO, A.; HAU, B., AMORIM, L.; LARANJEIRA, F.F. Análise espacial de epidemias. **RAPP**. 10: 218- 230, 2002.

BERGAMIN FILHO. A.; AMORIM, L.; GOTTWALD, T. T; LARANJEIRA, F.F. Spatial distribution of citrus canker in São Paulo – Brazil. Book of Abstracts, VIII Internacional Workshop on Plant Disease Epidemiology, Ouro Preto, Brazil. 2001. p.29.

BERGAMIMIN FILHO, A.; HAU, B; AMORIM, L.; JESUS JUNIOR, W.C. Análise espacial de epidemias. In: Vale F.R.; Jesus Junior, W.C; Zambolim, L. (Eds.) **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Editora Perffil, 2004. pp. 193-240.

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H; AMORIM, L.. **Manual de Fitopatologia**. Ed. Ceres São Paulo 3<sup>a</sup> edição 1, 1995. 919p.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: Epidemiologia e controle econômico**. São Paulo Ed.Ceres. 1996. 100p.

BERGER , R. D. The analysis of the effects of control measures on the development of epidemics. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. (Eds.) **Experimental techniques in plant disease epidemiology**, Heidelberg, Springer-Verlag, p. 137-51, 1988.

BELLOTE, A.F.J. **Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) em função da idade**. 1979. 129f. Dissertação (Mestrado). ESALQ/USP.

BOCARD, P.J.; SILVA, R.R; COLTURATO, A.B; FURTADO, E.L. Controle de *Dothiorella* sp., "in vitro" com óleos essenciais. Resumos: 0519. **Fitopatologia Brasileira** 32(Suplemento) S 213. 2007.

BRASIL, M.A.M. Densidade básica de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, aos 3 anos de idade **IPEF** 19: 63-76, 1979.

BRACELPA. Informes anuais: atuação setorial. Disponível em: [www.bacelpa.rg.br/informes\\_anuais/panorama\\_economico.ht](http://www.bacelpa.rg.br/informes_anuais/panorama_economico.ht)>. Acesso em 04 de Julho de 2007.

BROOKER, M.I.H.; KLEING, D.A. A field guide to eucalyptus. South Eastern Austrália. Vol.I, Melbourne: Inkata Press, 1990. 299p.

BRUNER, S. Uma enfermidade gangrenosa de los eucaliptos. **Boletim** n37, Estacion Experimen. Agronômica, Santiago de las Vegas, Cuba. 38p.1916.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley. 1990. 532p.

CARMO, D.N.; RESENDE, M; SILVA, T.C.A. Avaliação da aptidão das terras para eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. ed. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 188-235, 1990.

CAMARGO, L.E.A. O cancro do eucalipto causado por *Cryphonectria cubensis*: sua Dinâmica, Quantificação e perdas avaliadas em um plantio de *Eucalyptus grandis*. Piracicaba, ESALQ/USP, Dissertação de Mestrado, 98p. 1989.

CAMARGO, L.E.A.; KRUGNER, T.L. Avaliação de perdas causadas pelo cancro do eucalipto. **IPEF: Circular Técnica** n°. 157, 5p. 1988.

COLTURATO, A.B.; FURTADO, E.L. Efeito de fungicidas "in vitro" no controle do crescimento micelial de *Dothiorella* sp., causador de seca de ponteiro em *Corymbia citriodora*. Resumos: 0298 **Fitopatologia Brasileira** 32(Suplemento) S 169. 2007.

COLLINS, D. J.; PILOTTI, C. A.; WALLIS, A. F. A. Correlation of chemical composition and Kraft pulping proprieties of some papua, New Guinea reforestation woods. **Appita Journal**, 43(3):193-198, 1990.

CORNELL, J.A.; BERGER, R.D. Factors that influence the value of the coefficient of determination in simple linear and non linear regression models. **Phytopathology**, 77: 63-70, 1987.

CHELLEMI, D. O.; ROHRBACH, K.G; YOST, R.S; SONODA, R.M. Analysis of the spatial pattern of plant pathogens and disease plants using geostatistics. **Phytopathology**, 78( 2): 2211-226, 1988.

CHIARAPPA, L. Cross assessment methods. Supplement 3. **FAO and Commonwealth Agricultural Bureaux**, Farnham Royal, U.K., 1981. 123p.

DAVISON, E. M.; TAY, F.C.S. Twig, branch and upper trunk cankers of *Eucalyptus marginata*. **Pant Dis.** 67: 1281287, 1983.

ELLIOTT, J. M. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. 2. ed. Cumbria: Fresh Biological Association, . (Scintiic Publication, 25). 1983, 160p.

EMBRAPA Centro nacional de pesquisa de florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Brasília. EMBRAPA – DDT. 1986. 89p.

FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. Manual de Campo Plagas Y enfermedades de Eucaliptos Y Pinos em al Uruguay. 173p. Disponível em: [www.mgap.gub.Uy/Forestal/Fao.Manualdecampo.pdf](http://www.mgap.gub.Uy/Forestal/Fao.Manualdecampo.pdf) Acesso em 13/08/2007.

FERRANDINO, F. J. Two-dimensional distance class analyses of disease-incidence data: problems and possible solutions. **Phytopathology**, 86 (7): 685-691, 1996.

FERREIRA, F. A. **Patologia florestal principais doenças florestais do Brasil**. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570p.

FERRARI, M.P.; COUTO, H.T.Z. Avaliação de perdas em rendimento de madeiras devido ao cancro do *Eucalyptus* causado por *Chyphonectria cubensis* (Bruner) Hodges. **IPEF** 27: 9-15, 1984.

FERREIRA, F. A.; MILANI, D. Avaliação de refeitência de clones de eucalipto às infecções naturais de *Cryphonectria cubensis*, com nova metodologia. **Revista Árvore**, v.28(2):313-316, 2004.

FERREIRA, C.R.; FANTINI JUNIOR, M; COLODETTE, J.L; OLIVEIRA R.C; GOMIDE, J.L; CARVALHO, A.M..M.L. Avaliação tecnologia de clones de eucalipto: parte 2 qualidade da celulose branqueada Kraft para papel de imprimir e escrever. **Scientia Forestalis** 71: 09-18, 2006.

FERRARI, M.P.; KRUGNER, T.L.; COUTO, H.T.Z. Avaliação de perdas em rendimento de madeiras devido ao cancro do *Eucalyptus* causado por *Chyphonectria cubensis* (Bruner) Hodges. **IPEF** (27):9-15, 1984.

FOELKEL, C. E. B. Rendimento em celulose sulfato de *Eucalyptus* spp em função do grau de deslignificação e da densidade da madeira. **IPEF** 9: 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**, 37:12, 1976.

FOELKEL, C. E. B. Qualidade da madeira. Viçosa, **Cenibra Pesquisa**, 60p. 1977.

FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C; ANDRADE, J.O.M. O cancro do eucalipto e sua influência sobre a qualidade da celulose Kraft. **Cenibra Pesquisa**, 58:1-34, 1978.

FOELKEL, C.E.B. Custos e Rentabilidades na Produção de Madeira de Eucalipto em Povoamentos Manejados por Talhadia Simples e Corte Raso. 5p., disponível em: [www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br). Acesso em: 13/08/2007.

FURTADO, E. L. Material didático. Disponível em: [www.fca.unesp.br/intranet/furtado.pdf](http://www.fca.unesp.br/intranet/furtado.pdf). Acesso em 20 de Setembro de 2006.

GEILS, B.W.; JICOBI, W.R. Effects of comandra blister rust on growth and survival of lodgepole pine. **Phytopathology**, 83: 638-44, 1993.

GIBSON, I.A.S. A canker disease of eucalyptus new to Africa. Food and Agr. Dig. **Forest Genetic Resources Information** 10: 23-24, 1981.

GIBSON, G. V.; AUSTIN, E. J. Fitting and testing spatiotemporal stochastic models with application in plant epidemiology. **Plant Pathology**, 45:172-1184, 1996.

GILIGAN, C. A. Modeling of soilborne pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, 21: 45-64, 1983.

GOMIDE, J.I.; 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**, 29 (1):129-137, 2005.

GOTTWALD, T.R.; GIDTTI, F.B; SANTOS, J.M; CARVALHO, A.C. Preliminary spatial and temporal analysis of citrus variegated chlorosis (CVC) in São Paulo, **Brazil Proceedings, 12<sup>th</sup> I.O.C.V. Conference**, Campinas, Brazil. 1993. pp.327-335.

GOTTWALD, T. R.; AVINENT, L. Analysis in the spatial spread of sharka (plum pox virus) in apricot and peach orchards in eastern Spain. **Plant Disease**, 79:266-278, 1995.

GOTTWALD, T. R.; CAMBRA, M. MORENO, P; CAMARASA, E; PIQUER, J. Spatial and temporal analyses of citrus tristeza virus in eastern Spain. **Phytopathology** 86:45-55. 1996.

GOTTWALD, T. R.; GIBSON, G.J; GARNSEY, S.M; IREY, M. Examination of the effect of aphid vector population composition on the spatial dynamics of citrus tristeza virus spread by stochastic modeling. **Phytopathology** 89:603-608, 1999.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production**. Melbourn, CSIRO, 434p. 1978.

HODGES, C.S.; REIS, M.S; MAY, L.C. Duas enfermidades em plantações exóticas no Brasil. **Brasil Florestal**, 15(4): 5-12. 1973.

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**, 63(3):216-220,1979.

HODGES, C.S.; REIS, M.S; FERREIRA, F.A; HEMFLING, J.D.M. O cancro do eucalipto causado por *Diaporthe cubensis*. **Fitopatologia Brasileira**, 1:129-170, 1976.

HODGES, C.S.; ALFENAS, A.C; FERREIRA, F. A. The conspecificity of *Cryphonectria cubensis* and *Endothia eugeniae*. **Mycologia**, 78(3):343-350.1986.

HO, C.K.; CHANG, S.H; TSAI, C.J; CHISNG, V.L; CHEN, Z.Z. *Eucalyptus camaldulensis* and production of transgenic plants. **Plant Cell Reports**, 17: 675-680, 1998.

HUBER, D.M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL, J.G.; COWLING, E.B. ed. **Plant Disease: and advanced treatise**. New York: Acedemic Press. 5: 381-406, 1980.

HUGHES, G.: MADDEN, L. V. Aggregation and incidence of disease. **Plant Pathology** 41:657-60, 1992.

HUGHES, G.; McROBERTS, N; MADDEN, L.V; NELSON, S.C. Validating mathematical models of plant-disease progress in space and time. **IMA Journal of Mathematics Applied in Medicine and Biology** 14:85-112. 1997.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: [www.inmet.gov.br/html/agro.html](http://www.inmet.gov.br/html/agro.html).

JEGER, M.S. Analysing epidemics in time and space. **Plant Pathology**, 33:5-11. 1983.

JAMES, W. C. Assessment of plant diseases and loss **Annual Review Phytopathology**. Palo Alto, 12:27-48, 1974

JESUS JUNIOR, W. C.; BASSANEZI, R.B. Análise da dinâmica e estrutura de focos da morte súbita dos citros. **Fitopatologia Brasileira** 29: 399-405. 2004.

JESUS JUNIOR, W.C., POZZA, E. A; VALE, F..X.R. MORA-AGUILERA, G. Análise Temporal de Epidemias. In: VALE F..X.R., JESUS JUNIOR, W.C; ZAMBOLIM, L. (Eds.) **Epidemiologia Aplicada ao Manejo de Doenças de Plantas**. Perfil Editora Belo Horizonte MG. 2004. p. 125-192.

JESUS JUNIOR, W.C.; VALE, F.X.R; BERGAMIN FILHO, A. Quantificação de danos e perdas. In: VALE F. X. R.; JESUS JUNIOR, W.C; ZAMBOLIM, L. (Eds.) **Epidemiologia Aplicada ao Manejo de Doenças de Plantas**. Perfil Editora Belo Horizonte MG, 2004. p.124-192.

KRANZ, J. Epidemics of Plant Diseases: Mathematical Analysis and Modeling. New York: Springer Velag, v. 1, 1974.

KRUGNER, T.L.; CANEVA, R.A; TOMAZELLO F. M. Seca de ramos em plantas enxertadas de eucaliptos no Estado do Espírito Santo. **IPEF** 6: 69-75, 1973.

KRUGNER, T.L.; AUER, C. G. Doenças dos Eucaliptos. In: KIMAT, H.; AMORIM, L; REZENDE, J.A. M; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**: Doenças das plantas cultivadas, 4a ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2,. 320-333. 2005.

LANNA, A. E. Maximizing pulp yield potential of Cenibràs wood supply. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON THE CHEMISTRY OF LIGNINS AND OTHER WOOD COMPONENTS. 7., **Proceedings** p. 159-167. Belo Horizonte, 2001.

LANDE, H. L. van.; Spatio-temporal analysis of spear rot and marchitez sorpresiva in African oil plum in Surinam. **Netherlands Journal of Plant Pathology** 99:129-138, 1993.

LARANJEIRA, F. F. Dinâmica espacial e temporal da clorose variegada dos citros. Piracicaba, ESALQ/USP. Dissertação de Mestrado. 1997.

LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIN FILHO, A; AMORIM, L. Dinâmica e estrutura de focos da clorose variegada dos citros (CVC). **Fitopatologia Brasileira** 23: 36-41, 1998.

LARANJEIRA, F. F.; AMORIM, L; BERGAMIN FILHO, A; BERGER, R.D; HAU, B. Análise espacial do amarelecimento fatal do dendezeiro como ferramenta para elucidar sua etiologia. **Fitopatologia Brasileira** 23: 397-403, 1998.

LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIN FILHO, A; AMORIM, L; GOTTWALD, T. R. Dinâmica Espacial da Clorose Variiegada dos Citros em Três Regiões do Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira** 29: 56-65, 2004.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A.C; FERREIRA, E..M; ZARPELON, T.G; SIRQUEIRA, L. de. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**, 29( 6): 843-851, 2005.

MAGNANI, G. Diseases of Eucalyptus. Proceedings of the FAO/IUFRO **Symposium on Internationally Dangerous Forest Diseases and Insects**, Oxford, England July, 1964.

MADDEN L.V.; NAULT, L.R; MURRAL, D.J; APELT, M.R. Spatial pattern analysis of the incidence of aster yellows disease in lettuce. **Res. Popul. Ecol.** 37:279-89, 1995.

MADDEN L.V.; HUGHES, G. Plant disease incidence: distributions, heterogeneity and temporal analysis. **Annu. Rev. Phytopathol.** 33: 529-64, 1995.

MALAVOLTA, E.; TRANI, P.E; ATHAYDE, M.F; BRAGA, N.R; NOGUEIRA, S.S; MORAES, S.A. Nota sobre deficiência e toxidez de boro em espécies cultivadas do gênero Eucalyptus. **Revista da Agricultura**, .53 (4): 243-246, 1978.

MAUDE, R.B. **Seedborne diseases and their control. Principles and practice.** Wallingford, UK, CAB International 1996.

MOKFIENSKI, A. Importância da densidade e do teor de carboidratos totais da madeira de eucalipto no desempenho da linha de fibras. In: COLÓQUI INTERNACIONAL SOBRE CELULOSE KRAFT DE EUCALIPTO. **Colóquio..** p. 15-38. Viçosa, 2003.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. A cultura do Eucalipto no Brasil. São Paulo: Sociedade Brasileira de silvicultura, 2000. 112p.

MORI, A. Conversando com Alberto Mori sobre os papeis dos eucaliptos. Disponível em [www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br). Acesso em 13/08/2007.

MULLICK, D.B. The non-specific nature of defense in bark and wood during wounding, insect and pathogen attack. In: Loeweiss, F. A.; Runeckles, V.C., ed. Recent advances in phytochemistry. New York: **Plenum Press**, 11: 395-441 1977.

MYBURG, H.; GRYZENHOUT, 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** 44: 187-196, 2003.

NAKABONGE, G.; ROUX, J; GRYZENHOUT, M.; ROUX, J; WINGFIELD, J. Distribution of Chysoporthe, canker pathogens on Eucalyptus and *Syzygium* spp. In. Eastern and Southern African. **Plant Disease** 90 (6): 734, 2006.

NELSON, S. C. Spatiotemporal distance class analysis of plant disease epidemics. **Phytopathology**. 85 (1): 37-43, 1995.

NELSON, S. C. A simple analysis of disease foci. **Phytopathology** 86:332-339, 1996.

NUNES, W.M. de C.; MACHADO, M. A; CORAZZA-NUNES, M. J; FURTADO, E. L. Dinâmica espacial de foco da clorose variegada dos citros (CVC) avaliada por meio da sintomatologia e serologia. **Acta Scientiarum**, 23(5): 1215-12119, 2001.

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*. Aust. **J. Bot.** 38:571-581, 1990.

OLD, K.M.; WINGFIELD, M.J; YUAN, Z.Q. **A manual of diseases of eucalypts in South-East Asia**. Center for International Forestry Research, 2003. 106p.

OLIVEIRA, R.R.; FURTADO, E. L. Escala diagramática com categorias de severidade de ataque para o cancro basal do Eucalipto. **Resumos:** Seminário de Iniciação Científica FCA/UNESP. 2000.

PAVLIC, D.; SLIPPERS, B; COUTINHO, T.A; WINGFIELD, M.J Botryosphaeriaceae occurring on native *Syzygium cordatum* in South Africa and their potential threat to Eucalyptus. **Plant Pathology** 56 (4): 624-636, 2007.

PÉREZ-VERA, O. A.; YAÑEZ-MORALES, M. J; ALVARADO-ROSALES, D; CIBRIÁN-TOVAR, D; GARCÍA-DÍAZ, S.E. Hongos asociados a eucalipto, *Eucalyptus grandis* Hill: Maid **Agrociencia**, 39:311-318, 2005.

RAYNER, A. D. M.; BODDY, L. **Fungal decomposition in wood: it is biology and ecology.** New York: John Wiley, 1988. 587p.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A; CANTARELLA, H; FERREIRA, M.E; LOPES, A.S; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

RESQUIN, F., BARRICHELO, L. E. J. G; SILVA JUNIOR, F. G; SANSÍGOLO, C. A. Wood quality for kraft pulping of *Eucalyptus globulus* origins planted in Uruguay. **Scientia Forestalis** 72: 57-66, 2006.

RIBEIRO, F. de A; ZANI FILHO, J. Variação da Densidade Básica da madeira em Espécies/Procedências de *Eucalyptus* spp. **IPEF** 46: 76-85, 1993.

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** 54: 460-470, 2005.

ROXO, C..A. Proposta de agenda do setor brasileiro de florestas plantadas. Palestra no Seminário "A Questão Florestal e o Desenvolvimento", Brasília, 8 de julho de 2003.

RIDOUT, M. S.; XU, X. M. Relationships between several quadrat-based statistical measures used to characterize spatial aspects of disease incidence data. **Phytopathology**, 90(6):568-575, 2000.

RIDOUT, M. S.; DEMÉTRIO, C. G. B; FIRTH, D. Estimating intraclass correlation for binary data. **Biometrics**, 55(1):137-148, 1999.

SANTOS, A.A. dos.; CARDOSO, J.E; VIDAL, J.C; VIANA, F.M.P; OLIVEIRA, J.N. Mancha amarela da gravioleira: análise espacial e temporal quantificação de danos. **Ciência Agrônômica**, 34(2): 219-223 2003.

SANTOS, C.A.G. dos Estudos epidemiológicos da ferrugem do eucalipto causado por *Puccinia psidii* em plantios irrigados, Botucatu, FCA/UNESP Dissertação de Mestrado. 2006.

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. Dissertação (Mestrado) – ESALQ-USP, 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** 18, 39-45, 2004.

SEEM, R.C. Disease incidence and severity relationships. **Annual Review of Phytopathology**, 22:135-150, 1984.

SHEARER, B.L.; TIPPETT, J.Y; BARTLE, J.R. *Botryosphaeria ribis* infection associated with the death of *Eucalyptus radiata* in species section trials. **Plant disease**, 71:140-145,1987.

SHAH, D. A; BERGSTROM, G. C. Epidemiologia e manejo de patógenos transmitidos por sementes, com ênfase nos fungos que formam picnídios. **Revisão Anual de Patologia de Plantas** 8:339-364, 2000.

SILVA, R.R.; BOCARDO, P.J; COLTURATO, A.B; FURTADO, E.L. Extratos vegetais no controle de *Dothiorella* sp., causador da seca de ponteiro, em *Corymbia citriodora*. Resumos: 0516 **Fitopatologia Brasileira** 32(Suplemento) S 213, 2007.

SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A. N; SILVEIRA, R.L; BRANCO, E.F. Levantamento nutricional de florestas de *Eucalyptus grandis* da região de Itatinga-SP: macronutrientes. IN: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo** 25, Viçosa, 1995. Anais. .896-98p. 1995 a.

SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A. N; SILVEIRA, R.L; BRANCO, E.F. Levantamento nutricional de florestas de *Eucalyptus grandis* da região de Itatinga-SP: micronutrientes. IN: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo** 25, Viçosa, 1995. Anais. 896-98p. 1995 b.

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**, 21(4): 482-485 1996b.

SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N; KRUGNER, T. L. Estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* Hook cultivado sob diferentes doses de boro e sua relação com a agressividade de *Botryosphaeria ribis*. **Scientia Forestalis** 53:57-70, 1998.

SILVEIRA, R.L.V.A.; MALAVOLTA, E. Produção e características químicas da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* em função das doses de potássio na solução nutritiva. **Scientia forestalis** 63:115-135, 2003.

TAPPI.- TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. Normas técnicas. Atlanta, 1999. Preparation of wood for Chemical Analysis, Norma TAPPI T 12 wd-

82. Acid-Insoluble Lignin in Wood and Pulp, Norma TAPPI T 222 om-98. Kappa Number of Pulp, Norma TAPPI T 236 cm-85

TAYLOR, L.R. Aggregation, variance and the mean. **Nature** 189:732-735, 1961.

TOKESHI, F.; GUIMARÃES, R.F; TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em São Paulo. **Summa Phytopathologica**, 2:122-126, 1976.

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, 15(2): 145-155 2005.

TRUGILHO, P. F.; BIANCHI, M. L; ROSADO, S. C. da SILVA; LIMA, J. T. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, 73: 55-62, 2007.

VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M.; DUARTE, V; AMORIM, L; PORTO, M.D.M. Detecção e epidemiologia da podridão branca da maçã. **Fitopatologia Brasileira** 30:217-223, 2005.

VALE F. X. R.; JESUS JUNIOR, W.C; ZAMBOLIM L. **Natureza das Epidemias** In. Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas. 21-44p. 2004.

VANDERPLANK, J.E. **Plant Diseases: epidemics and control**. New York, Academic Press, 1963. 349p.

VANDERPLANK, J.E Dynamics of epidemics of plant disease. **Science**, 147:120-124.1965.

VALENTE, C. A.; MENDES, S A.P; FURTADO, F. P; CARVALHO, A. P. Improvement program for *Eucalyptus globulus* at Portucel: Technological component. **Appita Journal**, 45(6): 403-407, 1992.

VIDAL, C.A.; LARANJEIRA, F.F; NASCIMENTO, A.S; HABIBE, T.C. Distribuição espacial da meleira do mamoeiro em zonas de trópico úmido e trópico semi-árido, **Fitopatologia Brasileira**, 29(3):276-281, 2004.

WALKER, P.T. Crop losses: the need to quantify the effects of pests, diseases and weeds on agricultural production. **Agriculture, Ecosystems and environment**, 9: 119-58, 1983.

WINGFIELD A. J. Increasing threat of diseases to exotic plantation forests in the Southern Hemisphere: lessons Cryphonectria canker. **Australasian Plant Pathology** 32: 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**, 81(2): 126-130, 1988.

ZADOCKS, J.C.; SCHEIN, R.D. **Epidemiology and plant disease management**. Oxford, Oxford University Press. 1979.

ZADOCKS, J.C. On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory. **Annual Review of Phytopathology**, .23:455-473, 1985.

