

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL, QUANTIFICAÇÃO DE DANOS
E PERDAS E INFLUÊNCIA DO CANCRO (*Chrysosporthe cubensis*)
NO ACÚMULO DE BIOMASSA E FIXAÇÃO DE CARBONO EM
SEIS GENÓTIPOS DE *Eucalyptus spp.***

KARINA GOULART TUMURA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutora
em Ciência Florestal

Botucatu – São Paulo
(Junho – 2015)

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL, QUANTIFICAÇÃO DE DANOS
E PERDAS E INFLUÊNCIA DO CANCRO (*Chrysoporthe cubensis*)
NO ACÚMULO DE BIOMASSA E FIXAÇÃO DE CARBONO EM
SEIS GENÓTIPOS DE *Eucalyptus spp.***

KARINA GOULART TUMURA

ORIENTADOR: EDSON LUIZ FURTADO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutora
em Ciência Florestal

Botucatu – São Paulo
(Junho – 2015)

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

T925d Tumura, Karina Goulart, 1983-
Dinâmica espaço-temporal, quantificação de danos e per-
das e influência do cancro (*Chrysopotha cubensis*) no acú-
mulo de biomassa e fixação de carbono em seis genótipos de
Eucalyptus spp. / Karina Goulart Tumura. - Botucatu :
[s.n.], 2015
ix, 74 f. : ils. color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Fa-
culdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Edson Luiz Furtado
Inclui bibliografia

1. Eucalipto - Doenças e pragas. 2. Cancro (Fitopatolo-
gia). 3. Biomassa. I. Furtado, Edson Luiz. II. Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Bo-
tucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

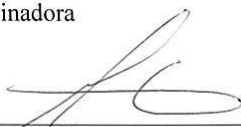
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL, QUANTIFICAÇÃO DE DANOS E PERDAS, INFLUÊNCIA DO CANCRO (*Chrysosporthe cubensis*) NO ACÚMULO DE BIOMASSA E FIXAÇÃO DE CARBONO EM SEIS GENÓTIPOS DE *Eucalyptus*”

ALUNA: KARINA GOULART TUMURA

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO

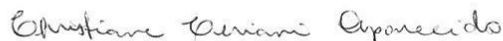
Aprovado pela Comissão Examinadora



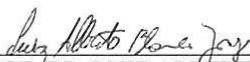
PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO



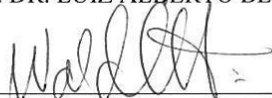
PROFA. DRA. MARTHA MARIA PASSADOR



PROFA. DRA. CHRISTIANE CERIANI APARECIDO



PROE. DR. LUIZ ALBERTO BLANCO JORGE



PROF. DR. WALDIR CINTRA DE JESUS JUNIOR

Data da Realização: 30 de janeiro de 2015.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, a Deus, pela presença constante de luz em minha vida e por ter me dado força, mas principalmente paciência para alcançar tal realização;

Ao meu pai **Edmundo Tumura** simplesmente por tudo, sem exceções;

À minha família pela presença constante em minha vida;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa concedida para realização deste trabalho;

Ao meu queridíssimo orientador **Prof. Dr. Edson Luiz Furtado**, que me aguenta há mais de dez anos, pela orientação, transmissão de conhecimento e profissionalismo, além da infinita paciência que sempre teve comigo;

Aos professores dos programas de Pós Graduação em Agronomia – Proteção de Plantas e Ciência Florestal pelos ensinamentos e contribuições;

Aos meus grandes amigos, peças fundamentais nessa conquista, que com carinho, compreensão, conselhos, amizade e amor, contribuíram para a realização de mais esta etapa da minha vida. **Marcela Oliveira Alves, Cristiane de Pieri, Martha Maria Passador, William Bucker Moraes, Juan Fernan Sierra Hayer, Marília Pizetta, Caroline Geraldí Pierozzi, Leila Delmadi, Julia Cury Cunha e Lucas Cavaleiro.**

Aos amigos de longa data, que mesmo distantes e, por vezes, ausentes, também são fundamentais em minha vida: **Amanda Bardini, Ana Paula Barbosa, Talita Merloti, Cristiane Ana de Jesus, Carmen Aki Inafuku, Frederico Almeida de Jesus e João Henrique Crusciol, Juliana Asenjo Rosa (Jurema) e Juliana de Lima Gonçalves (Zorba).** “A amizade é um amor que nunca morre”.

Aos meus queridos estagiários pelo auxílio na coleta de dados de campo. **Fernando Reis Andrade, Mateus Leme e Rodolpho Bernardi**, sem vocês esse trabalho não teria sido possível.

E a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	VI
Lista de Tabelas	VII
Lista de Gráficos	IX
Resumo	1
Summary	2
1. INTRODUÇÃO	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 Gênero <i>Eucalyptus</i> : importância econômica	6
2.2 Programa Torre de Fluxo (EUCFLUX)	6
2.3 O cancro basal do eucalipto	7
2.4. Quantificação de doenças de plantas	10
2.5. Análise espaço-temporal de doenças de plantas	11
2.5 Quantificação de biomassa	14
2.6 Estimativa de volume	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Caracterização da área	19
3.2 Levantamento em campo	20
3.3 Dinâmica espacial	21
3.4 Dinâmica temporal – Ajuste de curvas de progresso da doença	23
3.5 Inventário Florestal	25
3.5.1 Modelos de equações hipsométricas	25
3.5.2. Cubagem rigorosa	26
3.6. Quantificação de danos	27
3.7. Quantificação de biomassa	27
3.8. Quantificação de carbono	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Resistência clonal	30
4.2. Análise espacial	34
4.3. Avaliação temporal - Ajuste de modelos de previsão	42
4.4. Quantificação de danos	49
4.5. Acúmulo de biomassa	58
4.6. Fator de forma	74

5. CONCLUSÕES.....	67
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa apresentando as repetições alocadas na área do Projeto Eucflux, nas quais as circuladas são as avaliadas.....	20
Figura 2: Esquema genérico para cubagem de uma seção da árvore por Smalian.....	26
Figura 3: Dados de incidência do cancro basal para o solo arenoso, por clone	31
Figura 4: Dados de incidência do cancro basal para o solo de textura média, por clone	32
Figura 5: Dados de incidência do cancro basal para o solo argiloso, por clone.....	33
Figura 6: Relação entre o logaritmo da variância observada e o logaritmo da variância binomial de todos os clones implantados em solo arenoso. Cada ponto representa uma parcela de 192 árvores, nas quais avaliou-se a incidência em quadrat. A linha de tendência representa a equação $\log(V_{obs}) = \log(A) + b \log(V_{bin})$ ajustada aos dados obtidos para o solo arenoso.	39
Figura 7: Relação entre o logaritmo da variância observada e o logaritmo da variância binomial de todos os clones implantados em solo de textura média. Cada ponto representa uma parcela de 192 árvores, nas quais avaliou-se a incidência em quadrat. A linha de tendência representa a equação $\log(V_{obs}) = \log(A) + b \log(V_{bin})$ ajustada aos dados obtidos para o solo de textura média.....	40
Figura 8: Relação entre o logaritmo da variância observada e o logaritmo da variância binomial de todos os clones implantados em solo argiloso. Cada ponto representa uma parcela de 192 árvores, nas quais avaliou-se a incidência em quadrat. A linha de tendência representa a equação $\log(V_{obs}) = \log(A) + b \log(V_{bin})$ ajustada aos dados obtidos para o solo argiloso	41
Figura 9: Distribuição dos pontos e linha de regressão na relação entre o diâmetro à altura do peito (DAP) e a biomassa, para: a. fuste de árvores sadias; b. casca de árvores sadias; c. fuste de árvores com cancro; d. casca de árvores com cancro	60
Figura 10: Comparação através das linhas de regressão da variação de biomassa do fuste de árvores sadias e com cancro.....	60
Figura 11: Comparação através das linhas de regressão da variação de biomassa da casca de árvores sadias e com cancro	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modelos volumétricos de simples entrada.....	16
Tabela 2: Modelos volumétricos de dupla entrada.....	16
Tabela 3: Lista dos clones disponíveis para avaliação dentro do projeto Eucflux	20
Tabela 4: Modelos de equação de relação hipsométrica testados	26
Tabela 5: Análise de variância das incidências encontradas para todos os clones nas três repetições avaliadas	33
Tabela 6: Média das incidências de cancro basal encontradas por clone e por repetição avaliado.....	34
Tabela 7: Médias das incidências na interação clone x repetição	34
Tabela 8: Valores dos Índices de Dispersão dos clones 1, 6, 8, 12, 14 e 16 encontrados para todos os tamanhos de quadrats estudados no primeiro (à esquerda) e segundo ano (à direita) para o solo arenoso.....	34
Tabela 9: Valores dos Índices de Dispersão dos clones 1, 6, 8, 12, 14 e 16 encontrados para todos os tamanhos de quadrats estudados no primeiro (à esquerda) e segundo ano (à direita) para o solo de textura média	35
Tabela 10: Valores dos Índices de Dispersão dos clones 1, 6, 8, 12, 14 e 16 encontrados para todos os tamanhos de quadrats estudados no primeiro (à esquerda) e segundo ano (à direita) para o solo argiloso	35
Tabela 11: Valores dos parâmetros b e A da equação de regressão, de acordo com a lei da potência binária em todos os tamanhos de quadrats testados	38
Tabela 12: Tabela comparativa de resultados de R^2 e somatória de resíduos para auxiliar na escolha do melhor modelo para modelar a epidemia de cancro basal, sendo de cima para baixo, os dados dos solos arenoso, de textura média e argiloso, respectivamente	46
Tabela 13: Análise de variância das áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPDs) dos seis clones avaliados	49
Tabela 14: Médias das áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPDs) dos clones avaliados (à esquerda) e das repetições avaliadas (à direita)	49
Tabela 15: Médias da interação clone x tipo de solo para as áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPDs).....	49
Tabela 16: Parâmetros de regressão obtidos para a severidade de cancro em função do DAP dos clone 1, 14 e 16	50

Tabela 17: Parâmetros de regressão obtidos para os volumes com e sem casca em função da severidade dos clone 1, 14 e 16	51
Tabela 18: Porcentagens máxima, mínima e média de área lesionada encontradas para os clones 1, 14 e 16.....	54
Tabela 19: Análise de variância do volume de árvore individual com casca.....	55
Tabela 20: Média de volume de árvore individual por repetição e média por clone	55
Tabela 21: Análise de variância do volume de árvore individual sem casca	55
Tabela 22: Média de volume de árvore individual por repetição e média por clone	56
Tabela 23: Análise de variância da produtividade em m ³ /ha considerando-se árvores com casca sadias x doentes.....	56
Tabela 24: Média de produtividade em m ³ /ha por clone e de árvores sadias x doentes com casca.....	56
Tabela 25: Análise de variância da produtividade em m ³ /ha considerando-se árvores sem casca sadias x doentes	57
Tabela 26: Média de produtividade em m ³ /ha por clone e de árvores sadias x doentes sem casca	57
Tabela 27: Quantificação do dano e da perda de produtividade, em m ³ /ha	58
Tabela 28: Estatísticas relacionadas ao ajuste das equações de biomassa de árvores amostradas na área experimental.....	59
Tabela 29: Análise de variância da densidade básica de fuste	62
Tabela 30: Médias de densidade básica de fuste à esquerda apresentada por clone à esquerda e à direita apresentada por repetição	63
Tabela 31: Análise de variância da densidade básica de casca	63
Tabela 32: Médias de densidade básica de casca à esquerda apresentada por clone à esquerda e à direita apresentada por repetição	63
Tabela 33: Fator de forma médio para árvores sadias	64
Tabela 34: Fator de forma médio para árvores doentes.....	64
Tabela 35: Análise de variância do fator de forma de fustes com casca	65
Tabela 36: Médias do fator de forma de fustes com casca.....	65
Tabela 37: Análise de variância do fator de forma de fustes sem casca	65
Tabela 38: Médias do fator de forma de fustes sem casca	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva de progresso do cancro basal no clone 1 para os três tipos de solo avaliados	43
Gráfico 2: Curva de progresso do cancro basal no clone 6 para os três tipos de solo avaliados	43
Gráfico 3: Curva de progresso do cancro basal no clone 8 para os três tipos de solo avaliados	43
Gráfico 4: Curva de progresso do cancro basal no clone 12 para os três tipos de solo avaliados	44
Gráfico 5: Curva de progresso do cancro basal no clone 14 para os três tipos de solo avaliados	44
Gráfico 6: Curva de progresso do cancro basal no clone 16 para os três tipos de solo avaliados	44
Gráfico 7: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 1 nos três tipos de solo avaliados.....	47
Gráfico 8: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 6 nos três tipos de solo avaliados.....	47
Gráfico 9: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 8 nos três tipos de solo avaliados.....	47
Gráfico 10: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 12 nos três tipos de solo avaliados.....	48
Gráfico 11: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 14 nos três tipos de solo avaliados.....	48
Gráfico 12: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 16 nos três tipos de solo avaliados.....	48
Gráfico 13: Severidade de cancro basal x DAP para o clone 01	52
Gráfico 14: Severidade de cancro basal x DAP para o clone 14.....	52
Gráfico 15: Severidade de cancro basal x DAP para o clone 16.....	53
Gráfico 16: Redução de volume em função da severidade para o clone 01	53
Gráfico 17: Redução de volume em função da severidade para o clone 14.....	54
Gráfico 18: Redução de volume em função da severidade para o clone 16.....	54

RESUMO

A cultura do eucalipto é uma das mais importantes do Brasil, constituindo-se em fonte de energia e madeira renovável, suportando importantes processos agroindustriais, dentre eles, a produção de celulose, papel e essências. O eucalipto, como outras espécies vegetais, é infectado por diversos patógenos, principalmente fungos, desde o viveiro até plantios adultos. Neste trabalho, será estudado o agente causador do cancro basal, *Chrysoporthe cubensis*. Esta doença possui ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o extremo sul do Estado de São Paulo até a Amazônia, observando-se prejuízos em regiões de baixa altitude de Espírito Santo, do Vale do rio Doce em Minas Gerais e Recôncavo Baiano. Sua sintomatologia é bastante variada, podendo atacar plantas de cinco meses de idade até o final da rotação. As plantas jovens, por apresentarem diâmetros reduzidos, podem ser aneladas na sua base pelo cancro, sendo levadas à morte. Do ataque em plantas mais velhas resultam lesões com pouco ou abundante trincamento até cancrós típicos, podendo ser encontrados a diversas alturas do tronco. O local escolhido para a realização do trabalho, foi a área do projeto EUCFLUX, onde estão implantadas parcelas experimentais com 16 materiais genéticos, em diferentes condições de solo e altitude. Os estudos sobre a influência de doenças no acúmulo de biomassa e fixação de carbono são escassos, sendo assim, os objetivos desse trabalho foram: a) verificar a suscetibilidade ao cancro basal dos seis clones com maior produtividade utilizados nas parcelas experimentais do EUCFLUX; b) proceder o estudo espaço-temporal da doença e c) verificar a influência do cancro basal no acúmulo de biomassa e fixação de carbono das plantas atacadas. Foram avaliadas três repetições quanto à incidência da doença, sendo que tais dados formaram a base para a análise espaço-temporal. Para a determinação dos parâmetros de biomassa, foi realizado inventário das três repetições e ajustadas equações de volume e biomassa. Além disso, foi realizada cubagem rigorosa de indivíduos sadios e doentes para aferição da densidade básica da madeira e da casca. Foi constatado, para a área estudada, que o cancro basal apresentou dispersão lenta e com tendência à agregação. A doença não causou dano à fixação de carbono, porém diminuiu o volume de árvores atacadas, diminuiu as densidades básicas de fuste e casca, além de causar deformação de fuste.

Palavras chave: eucalipto, cancro basal, EUCFLUX, biomassa

SPACE-TIME DYNAMICS, DAMAGE AND LOSSES QUANTIFICATION AND CANKER INFLUENCE (*Chrysosporthe cubensis*) in BIOMASS ACUMULATION, CARBON FIXATION IN SIX EUCALYPTUS' GENOTYPES. Botucatu, 2015. 84f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: KARINA GOULART TUMURA

Adviser: EDSON LUIZ FURTADO

SUMMARY

Eucalyptus' culture is one of the most important in Brazil being a source of renewable energy and wood. In addition, it supports important agro-industrial processes for the production of pulp, paper and essences. Eucalyptus, like any other plant species, can be infected by many pathogens, especially fungi, from nurseries to adult plantations. In this work, the causal agent of basal canker, *Chrysosporthe cubensis*, were studied. This disease has a wide geographical distribution, occurring from the southern end of São Paulo State to the Amazon, observing sensitive damages in low-lying regions of Espírito Santo State, Rio Doce Valley in Minas Gerais State and Reconcavo Baiano. Its symptoms are quite varied and the fungi can attack plants from five months of age until the end of forest rotation. Young plants with small diameters may be girdled at their base by canker, being put to death. Attack in older plants may result in low or heavy typical cankers, that can be found at different heights of the trunk. The work was conducted in the area of EUCFLUX project, which were established with 16 clones in 10 experimental plots with different soil conditions and elevation. Studies of disease influence in carbon fixation and biomass accumulation are scarce, therefore, the objectives of this work were: a) verify the susceptibility to basal canker of the six clones with higher productivity used in experimental plots of EUCFLUX; b) conduct the spatiotemporal study of the disease and; c) verify the influence of basal canker in the accumulation of biomass and carbon fixation of the attacked plants. Incidence of the disease were evaluated in three plots and these data were the basis for spatiotemporal analysis. To determine biomass parameters, inventory was done in the same three plots and volume and biomass equations were adjusted. In addition, specific gravity of the wood and bark were calculated to healthy and diseased trees. It was found that the basal canker showed slow dispersion and tendency to aggregation. The disease did not cause damage to the carbon fixation, but

decreased the volume and densities of trunk and bark in attacked trees. Furthermore, the disease caused trunk deformation.

Keywords: eucalyptus basal canker, EUCFLUX, biomass

1. INTRODUÇÃO

A cultura do eucalipto vem assumindo cada vez mais um papel importante na economia nacional. Em 2012, contabilizando uma área plantada de 5,1 milhões de hectares, o setor florestal obteve valor bruto de produto (VBP) de 56,3 bilhões de reais, arrecadou 7,6 bilhões de reais em tributos e ampliou sua participação no superávit da balança comercial nacional. Além disso, gerou 4,4 milhões de empregos diretos e indiretos (ABRAF, 2013).

O eucalipto, como outras espécies vegetais, é infectado por diversos patógenos desde o viveiro até plantios adultos e, tendo em vista sua importância econômica, é vital controlar qualquer fator que venha a interferir no seu processo produtivo, seja ele de origem abiótica ou biótica. Dentre esses agentes, destaca-se o fungo causador do cancro basal, *Chrysosporthe cubensis*.

O cancro causado por *C. cubensis* é considerado uma das doenças mais importantes para a cultura do eucalipto, pois retarda o crescimento da planta, ocasiona quebra de fuste pelo vento no local da lesão e a madeira para uso em serraria tem seu valor afetado, somando-se ao baixo rendimento da celulose. O rendimento de madeira é reduzido significativamente quando os cancrios atacam mais de 25% do comprimento do tronco útil comercialmente (FERRARI et al., 1984). Comparado com a madeira normal, a madeira com cancro contém mais extrativos e lignina, afetando adversamente o clareamento da mesma (FOELKEL et al., 1976).

Cancros são caracterizados pela morte do floema, do câmbio formando quinos nas árvores. O termo cancro é utilizado para designar lesões localizadas na casca do caule de plantas lenhosas que podem resultar no anelamento do caule e no secamento da parte superior da copa e a morte da planta. Pode atacar plantas de cinco

meses até sete anos de idade, no final da rotação. Em plantios jovens podem ocorrer mortes esporádicas associadas a lesões nas regiões basais do caule, próxima ao colo, sem apresentar o sintoma típico do cancro. As plantas jovens, por apresentarem diâmetros reduzidos, podem ser aneladas na base pelo cancro, sendo levadas à morte. (FERREIRA, 1989). Do ataque em plantas mais velhas resultam lesões com pouco ou abundante trincamento até cancos típicos, podendo ser encontrados a diversas alturas do tronco.

Os estudos de biomassa florestal são feitos com objetivos diversos, dentre os quais destacam-se a quantificação da ciclagem de nutrientes, a quantificação para fins energéticos e como base de informação para estudos de sequestro de carbono, sendo de grande importância para a tomada de decisões no manejo dos recursos florestais (PÁSCOA et al., 2004).

Para analisar as condições fitossanitárias de um ecossistema, há a necessidade de se estudarem vários fatores de forma conjunta, pois todos estão inter-relacionados. A quantificação da variável biomassa é um importante método para esse fim, pois ela é uma consequência direta de todos os fatores bióticos e abióticos de um ecossistema florestal (BROWN, 1997). Preconiza-se que plantações florestais de eucalipto, quando bem estabelecidas, podem fixar entre 100 e 400 t.ha⁻¹ de CO₂ durante a fase de crescimento (ECOAR, 2003).

Tendo em vista a escassez de estudos sobre a influência de doenças na produção/acúmulo de biomassa, fixação de carbono e fluxo energético em florestas de eucalipto, o objetivo principal deste trabalho é estudar a influência do cancro basal nestes três fatores.

Os objetivos deste trabalho foram:

- a. Verificar a suscetibilidade ao cancro basal dos clones utilizados na parcelas experimentais do EUCFLUX;
- b. Proceder o estudo espaço-temporal da doença e;
- c. Verificar a influência do cancro basal no acúmulo de biomassa e fixação de carbono das plantas atacadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gênero *Eucalyptus*: importância econômica

No Brasil, as plantações de eucalipto para fins industriais atingem, aproximadamente, cinco milhões de hectares, estabelecidas para a produção de celulose, papel, carvão vegetal para siderurgia em substituição ao carvão vegetal e para indústria moveleira. Espécies de eucalipto têm sido predominantemente utilizadas nos reflorestamentos brasileiros, devido ao seu rápido crescimento, capacidade de readaptação de determinadas espécies às diversas regiões ecológicas e pelo potencial econômico de utilização da sua madeira. As espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam grande capacidade de extração de água e nutrientes, assimilação fotossintética e crescimento, permitindo o seu cultivo em ambientes considerados impróprios para outras espécies.

Dentre as principais espécies utilizadas, *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e seus híbridos interespecíficos, principalmente com a espécie *Eucalyptus urophylla* continuam sendo as mais importantes, tendo em vista sua utilização intensiva e crescente nos segmentos industriais e, mais recentemente, para produção de madeira serrada (GOMIDE & COLODETTE, 2007).

2.2 Programa Torre de Fluxo (EUCFLUX)

A técnica da torre de fluxo (*Eddy Flux Tower Covariance Method*) foi consolidada na década de 90 e tem se mostrado como uma ferramenta padrão para avaliar os fluxos de energia, carbono e água entre os ecossistemas e a atmosfera.

Nela, é usada uma torre para abrigar equipamentos meteorológicos sobre a copa da floresta. Esta técnica permite obter informações que são essenciais para aprimorar a floresta e o manejo do meio ambiente, destacando-se: 1) obtenção contínua do crescimento da floresta e sua relação com os fatores ambientais; 2) obtenção do balanço de água e de nutrientes; 3) estimativa do uso e da eficiência do uso da água e dos nutrientes pelo eucalipto; 4) calibração e validação de modelos ecofisiológicos; e 5) aprimoramento das práticas silviculturais através do uso de tais modelos.

Assim, visando aplicar tal técnica e conhecer, em detalhes, os fluxos de carbono, água e energia ao longo de uma rotação completa de eucalipto surgiu o Projeto EUCFLUX, uma iniciativa conjunta de três grupos de pesquisa e de 11 empresas do setor florestal. Estes grupos de pesquisa são o IPEF, Esalq/USP e a North Carolina State University, através do projeto BEPP, que desde 2001 trabalha na investigação de temas relacionados à ecofisiologia do *Eucalyptus*, do CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique) instituto da França que há anos desenvolve pesquisas de fluxo no Brasil. A este grupo de pesquisa se uniram, em 2006, 11 empresas do setor florestal que ratificaram sua participação no programa: Acesita Energética; Fibria; Copener Florestal; CAF Santa Bárbara; Cenibra; Duratex; Klabin, Conpacel; Suzano e V&M Florestal.

Concomitantemente ao balanço de carbono, o projeto Eucflux acompanha a mudança do armazenamento de água no solo, computada a partir das medições de sondas TDR, instaladas em dois locais do sítio (texturas média e argilosa) e até 10 metros de profundidade. São estudadas também as taxas de produção de raízes finas e suas características de absorção de nutrientes ao longo do perfil utilizando-se isótopos. Próximo à área de estudo da torre de fluxo, três testes clonais (solos de textura média e argilosa) foram instalados em 2009, após o corte e reforma da área, com um clone de cada empresa, visando elaborar campanhas para caracterizar a variabilidade dos parâmetros fisiológicos e nutricionais entre eles.

2.3 O cancro basal do eucalipto

O cancro do eucalipto causado por *Chrysoporthe cubensis* é uma das mais importantes doenças de *Eucalyptus*, em várias partes do globo onde a cultura é plantada como exótica. Embora este fungo seja conhecido na Austrália, onde o eucalipto é nativo, sua ocorrência não é muito clara e parece não estar associado como um

problema. Sua taxonomia é descrita pela seguinte forma: Ascomycota (Filo), Pyrenomycetes (Classe), Diaphortales (Ordem), Valsaceae (Família) e *Chrysoporthe* (Gênero) (MYBURG et al., 2004).

A doença foi relatada primeiramente por BRUNER (1917) em Cuba e o agente causal foi identificado e nomeado com *Diaporthe cubensis*. Em 1970, a doença foi relatada em várias outras regiões do mundo incluindo Suriname (BOERBOOM et al., 1970), Brasil (HODGES et al., 1973), Costa Rica (HODGES et al., 1976), Estados Unidos e Porto Rico (HODGES et al., 1980). HODGES (1980) propôs uma nova combinação de *Cryphonetria cubensis* para a espécie, sendo encontrada subsequentemente em Camarões (GIBSON, 1981), Índia (SHARMA, 1985), África do Sul (WINGFIELD et al., 1989), Trinidad e Tobago, Bolívia, Hong Kong, Venezuela (FERREIRA, 1989) e Colômbia (MERWE et al., 2001).

O fungo *Chrysoporthe cubensis* é o principal causador de cancrios em eucaliptos, sendo patogênico para outras espécies da Família Myrtaceae. As espécies de *Chrysoporthe* são caracterizadas pelo tecido ascostromático limitado cobrindo a base de peritécios, pescoço longo coberto com tecido estromático preto e superficial, geralmente piriforme. O gênero *Chrysoporthella* tem sido descrito como a fase anamórfica de *Chrysoporthe* (GRYZENHOUT et al., 2004).

No Brasil, na década de 70, o cancro de eucalipto foi a enfermidade biótica mais importante da eucaliptocultura. Várias empresas dos Estados do Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo procuraram conhecer a suscetibilidade ou a resistência de espécies, procedências e clones de eucalipto ao cancro por meio de inoculações artificiais e de levantamento de percentuais de plantas mortas pela doença e de plantas sobreviventes naturalmente infectadas em plantações e testes experimentais (FERREIRA et al., 2004).

Esta doença possui ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o extremo sul do Estado de São Paulo até a Amazônia, observando-se prejuízos sensíveis em regiões de baixa altitude de Espírito Santo, do Vale do rio Doce em Minas Gerais e Recôncavo Baiano e as condições ideais para sua ocorrência é temperatura média de 23°C e precipitação por volta de 1200mm (HODGES et al., 1976).

O cancro é caracterizado pela morte dos tecidos da casca, decorrente da ação de vários agentes abióticos e bióticos. Porém as condições climáticas parecem ter uma participação maior na manifestação deste tipo de problema, com ligação

entre a incidência de certos cancros e as condições adversas ao desenvolvimento da planta (FERREIRA, 2001).

A sintomatologia é variada, atacando plantas de cinco meses de idade até o final da rotação. Em plantios jovens, podem ocorrer mortes esporádicas associadas a lesões nas regiões basais do caule, próxima ao colo, sem apresentar o sintoma típico do cancro. As plantas jovens, por apresentarem diâmetros reduzidos, podem ser aneladas na sua base pelo cancro, sendo levadas à morte. (FERREIRA, 1989). Do ataque em plantas mais velhas, resultam lesões com pouco ou abundante trincamento até cancros típicos, podendo ser encontrados a diversas alturas do tronco.

O cancro basal é aquele cuja evolução da lesão originou-se a partir das imediações da interface tronco/solo. O início das lesões dos cancros basais pode ser bem mais afetado por fatores abióticos, tendo em vista que os genótipos já conhecidos como suscetíveis ou moderadamente suscetíveis, o percentual de árvores com lesões ou cancros basais é bem maior que o percentual de árvores com lesões ou cancros altos (ALFENAS et al., 2004).

O cancro típico é caracterizado por lesão margeada de calos, com a morte do câmbio e de parte da circunferência do tronco, tratando-se de uma lesão profunda. Os calos são respostas da planta ao patógeno, que impedem o anelamento do tronco pela lesão. A presença deles indica que a planta não morrerá, pois a lesão encontra-se delimitada por eles (FERREIRA, 1989).

Outra forma de se visualizar o sintoma é em forma de sapata e intumescimento em que as árvores com lesões pouco profundas formam uma periderme necrofilática na casca. Com o desenvolvimento da nova casca na árvore, a casca externa da lesão é pressionada para fora do tronco e o seu trincamento, ocorrido primeiramente pelo ressecamento ou perda de turgescência das células após a colonização do patógeno é intensificado, fazendo com que a casca tende a se desgarrar do tronco em formas de tiras (FERREIRA, 1989).

Chrysoporthe cubensis é conhecido por ocorrer em árvores da Família Myrtaceae nativas e exóticas no Brasil, porém vários estudos relatam que o patógeno aparece em outras espécies de famílias. Os hospedeiros predominantemente são as espécies de *Eucalyptus*, *Syzygium aromaticum*, *Psidium cattleianum*, *P. americana*, *P. caimito*, *Tibouchinia urvilleana*, *Tibouchinia lepidota*, *Miconia theaezeans*, *Miconia rubiginosa*, dentre outras (BARRETO et al., 2006; MYBURG et al., 2003; OLD et al., 2003; WINGFIELD et al., 2003; RODAS et al., 2005; SEIXAS et al., 2004; HODGES et

al., 1986; HODGES et al., 1988, WINGFIELD et al., 2001). Várias espécies de eucalipto são altamente suscetíveis à infecção, *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. saligna* e *E. tereticornis*. O *E. urophylla* mostra-se como uma espécie altamente tolerante a infecção de *C. cubensis*.

A evolução da doença nos plantios de eucalipto embora variável em função do material genético (espécies, procedências, progênies, clones), da qualidade do sítio, da idade da planta e das condições climáticas da época do ano, deve estar ligada a um importante fator, que é a adaptação genética do material plantado, com o aumento gradativo do inóculo na região. Dentro deste contexto, as medidas de controle químico tornam-se inviáveis economicamente, sendo o caminho mais promissor a seleção genética de materiais resistentes a este patógeno (SOUZA, 2008).

O controle do cancro do eucalipto é exemplo mundial de sucesso do uso do método de resistência de plantas para o efetivo controle de doença florestal no campo. Esse controle tem sido feito com o plantio inicial ou de reposição florestal, com material resistente, empregando-se mudas de materiais selecionados intra ou interpopulacionalmente (FERREIRA, 1989).

Dentre as espécies mais plantadas, *E. saligna* é a mais suscetível. No grupo das moderadamente suscetíveis *E. alba* e *E. grandis* são muito plantadas, mas seus graus de infecção variam consideravelmente, provavelmente devido ao problema da hibridação não controlada. Dentre as espécies resistentes, *E. urophylla* é a mais recomendada para fins de celulose. Em termos intrapopulacionais, a espécie *E. grandis* é a que oferece melhores perspectivas para a exploração da resistência (HODGES, 1976).

2.4. Quantificação de doenças de plantas

A quantificação de doenças de plantas, também conhecida como fitopatometria, visa avaliar os sintomas causados por agentes patogênicos nas plantas e seus sinais (estruturas do patógeno associadas aos tecidos doentes).

Seus principais objetivos são: estudar a prevalência/importância de doenças; determinar danos e perdas de rendimento; comparar eficiência de tratamentos químicos; determinar a época para aplicação de fungicidas; verificar o efeito de práticas agrícolas/silviculturais no controle; avaliar a resistência de genótipos aos patógenos visando auxiliar programas de melhoramento genético; estudar o progresso da doença e/ou de epidemias; elaborar modelos de previsão de doenças.

Doenças podem ser quantificadas por métodos diretos, onde a estimativa da quantidade de doença é feita diretamente através dos sintomas (qualquer manifestação das reações da planta a um agente nocivo) ou métodos indiretos, no qual a quantidade de doença é estimada pela população do patógeno. As variáveis avaliadas são a incidência (frequência de partes ou plantas doentes em uma amostra da população), severidade (porcentagem de área lesionada ou volume de tecido doente) e intensidade (nível de doença).

A quantificação da severidade expressa com mais exatidão o dano real, porém é um método subjetivo. Para auxiliar nesse processo podem ser usados: chaves descritivas, escalas diagramáticas, análise de imagens e sensoriamento remoto.

Na literatura estão documentadas diversas quantificações de danos, dentre eles os causados pela ferrugem do eucalipto, que diminuiu em 35 e 50% a altura e o diâmetro à altura do peito (DAP) em árvores doentes (TAKAHASHI, 2002). Em plantas de cacau atacadas por *Ceratocystis fimbriata*, fungo causador de murcha vascular, o índice de mortalidade chega a 50% (FERNANDES, 2012). Por fim, o cancro basal causou perda volumétrica da ordem de 10 a 50% em árvores menos e mais atacadas, respectivamente (SOUZA, 2007).

2.5. Análise espaço-temporal de doenças de plantas

De acordo com BERGAMIN FILHO & AMORIM (1996), epidemia é o aumento ou extensão da doença em uma dada população de plantas, enquanto endemia consiste na presença permanente da doença em uma determinada região geográfica, porém sem estar em expansão, ou seja, patógeno e hospedeiro estão em constante interação e equilíbrio. Não obstante, uma doença endêmica pode se tornar epidêmica, bastando, por exemplo, que ocorram mudanças no ambiente que favoreçam a rápida multiplicação e dispersão do patógeno.

Do ponto de vista epidemiológico, as doenças de plantas podem ser classificadas em: juro composto ou de juro simples, segundo VANDERPLANK (1963) e poliéticas, segundo ZADOCKS (1974). Dados analisados de incidência e severidade do cancro de *Cryphonectria cubensis* em *Eucalyptus grandis* apontaram o modelo monomolecular como tendo o 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 juro simples, (CAMARGO, 1989).

O padrão espacial da doença de plantas, de acordo com GILLIGAN (1983) é o 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. 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. Outras informações também podem ser extraídas nas análises espaço-temporal dos dados, possibilitando o entendimento da forma como ocorre a dispersão do patógeno no campo e que resulta em padrões de dispersão distintos (CAMPBELL & MADDEN, 1990).

O padrão espacial aleatório ou ao acaso é relacionado a patógenos dispersos pelo vento e possui características de independência sobre as plantas. 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. Neste padrão, as análises dos dados apresentam valores da variância 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 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 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, tem 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 λ 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 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).

Existem também estudos de dinâmica e estrutura de focos, através de planilhas de campo, os quais se fundamentam no número total de ocorrência de focos (NF), focos unitários (FU), número médio de plantas por foco (NMPF), índice de compactação do foco (ICF) e índice de formação de foco (IFF). Com essa verificação o estudo desempenhará um papel fundamental no processo de dispersão da doença e estrutura de focos, permitindo possivelmente correlacionar esta dispersão a diversos fatores adversos.

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 poderá contribuir nas informações oriundas de outras técnicas de análise espacial (NELSON, 1996; NELSON, 1995).

A análise temporal de doenças pode ser entendida como a evolução da interação entre os componentes do patossistema, estabelecida por dados acumulados de incidência e severidade e retratada pela curva de progresso de doença (VANDERPLANK, 1963, KRANZ, 1974).

Curvas de progresso de doença expressam a proporção de doença versus tempo e podem caracterizar, de acordo com o modelo ajustado, através de seus parâmetros, a época de início da epidemia, a quantidade de inóculo inicial, a taxa de desenvolvimento da doença, a forma da curva do progresso da doença, a área sob a curva de progresso da doença, as quantidades máximas e final de doença e a duração da epidemia (BERGAMIN FILHO et al., 1995).

Para o estudo do progresso de doenças, tem-se usado principalmente modelos empíricos, dos quais descrevem a relação observada entre duas ou mais variáveis. Tais modelos simplesmente correlacionam dados observados e não têm incorporada nenhuma informação previamente conhecida sobre as variáveis dependentes e independentes. Os principais modelos empíricos utilizados são: Exponencial, Logístico e Gompertz, que têm em comum a proporcionalidade entre a velocidade do progresso ou o aumento da doença e a intensidade de doença e no modelo Monomolecular, a velocidade de aumento diminui ao longo do tempo e aproxima de zero à medida que o tecido sadio se esgota (VALE et al., 2004).

A escolha do modelo deve ser bem criteriosa, pois falhas no ajuste podem gerar informações e recomendações totalmente erradas de manejo, por isso algumas ferramentas estatísticas são utilizadas na escolha, tais como: o coeficiente de determinação ajustado da análise de regressão (R^{2*}), o valor do quadrado médio dos desvios (obtido da análise de variância) e o gráfico dos resíduos padronizados ($Y_{obs} - Y_{esp}$) em função da variável dependente (CAMPBELL & MADDEN, 1990).

2.5 Quantificação de biomassa

Biomassa pode ser definida como a massa orgânica produzida por unidade de área, podendo ser expressa em biomassa de matéria seca, biomassa de matéria úmida e biomassa de carbono (ODUM, 1988).

A medição da biomassa florestal é importante na avaliação de ecossistemas, em virtude da aplicação na análise da produtividade, conversão de energia, ciclagem de nutrientes, absorção e armazenagem de energia solar e para se analisar suas condições fitossanitárias. Em plantações florestais manejadas, quantifica-se a biomassa florestal em função de sua utilização, sendo medida também em uma unidade aplicada ao produto final (JORGE, 2013).

Estimativas de biomassa podem ser feitas através de métodos diretos ou indiretos. Os métodos indiretos, geralmente, se baseiam em dados provenientes de inventários florestais, executados com a finalidade de planejar a exploração e o manejo florestal. Já nos métodos diretos, são derrubadas e pesadas todas as árvores presentes dentro de uma parcela fixa (WATZLAWICK & CALDEIRA, 2004).

O tronco de uma árvore se assemelha a determinados sólidos geométricos. A base da árvore se assemelha a um neilóide, a face intermediária a uma parábola e a extremidade final a um cone. Troncos de coníferas normalmente assumem

formas intermediárias entre o cone e o parabolóide; já as folhosas apresentam o tronco em formas cilíndricas (CABACINHA, 2003).

Visando contornar os fatores que afetam a forma, o cálculo do volume de uma árvore é obtido pela aplicação de métodos que se aproximam do volume real. A cubagem rigorosa é um método direto, difundido na prática de inventários florestais para estimativa do volume individual de árvores a partir da soma de volumes das seções definidas ao longo do fuste, sendo as medições diamétricas feitas a 0,30; 1,30; 3,30; 5,30 e assim sucessivamente, de 2 em 2 metros, porém as distâncias entre medições diamétricas podem ser alteradas em função da forma e da rigorosidade do processo de cubagem (GOMES, 1957; MELO, 2014).

Dentre os métodos mais usuais pode-se destacar o absoluto. O método absoluto é composto pelos métodos de Smalian, Huber e Newton, sendo que, o primeiro é mais usual em razão de sua facilidade e agilidade na coleta de informações (MELO, 2014). De posse das informações de cubagem é possível estimar o volume de árvores a partir do ajuste de modelos volumétricos. O uso de modelos volumétricos para quantificação da produção de povoamentos florestais, proporciona maior precisão nas estimativas e as mesmas podem ser mais precisas quando utilizados, individualmente, para determinada espécie, densidade, idade e regime de corte (CAMPOS & LEITE, 2013).

Ao se utilizar a fórmula do volume do cilindro para o cálculo do volume de uma tora ou torete de madeira, multiplica-se a área transversal média da peça pelo seu comprimento. A diferença existente nas fórmulas propostas por alguns autores está no modo de se obter essa área transversal média. Baseando-se no esquema de cubagem de uma tora de madeira, pode-se usar a fórmula de Smalian, método escolhido para este trabalho, para o cálculo do volume, onde o volume é calculado por meio do produto da média aritmética obtida dos extremos das áreas seccionais, multiplicado pelo comprimento da seção, de acordo com a equação abaixo (JORGE, 2013).

2.6 Estimativa de volume

As estimativas de volume podem ser feitas a partir de várias metodologias, sendo que a equação de volume para árvores individuais é a mais utilizada. Pode-se também obter o volume dos fustes através de fatores de forma, método dos dois diâmetros e de uma relação hipsométrica associada a uma equação de volume, o que

propicia estimativas precisas e com menores custos quando comparadas com as equações que têm como variáveis independentes o diâmetro e a altura (FRANCO, 1996).

De acordo com SCOLFORO (1997), as equações volumétricas são divididas em:

- a) Equações de simples entrada;
- b) Equações de dupla entrada;
- c) Equações de tripla entrada.

No caso de uso da primeira opção, o diâmetro deve estar fortemente correlacionado com a altura, ou seja, o diâmetro explica bem o desenvolvimento da altura. Na Tabela 1 são mostrados os principais modelos volumétricos de simples entrada encontrados na literatura.

Tabela 1: Modelos volumétricos de simples entrada

Autor	Modelo
Kopezky-Gehrhardt	$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \varepsilon$
Dissescu-Meyer	$V = \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \varepsilon$
Hohenadl-Krenm	$V = \beta_0 + \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \varepsilon$
Berkhout	$V = \beta_0 dap^{\beta_1} + \varepsilon$
Husch	$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln dap + \varepsilon$
Brenac	$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln dap + \beta_2 \frac{1}{dap} + \varepsilon$

Fonte: Scolforo (1997).

Onde:

V - volume;

DAP - diâmetro a altura do peito;

β 's - parâmetros a serem estimados;

Ln - logaritmo neperiano;

ε - erro de estimativa.

Nas equações de dupla entrada o volume é em função do diâmetro e da altura. São recomendáveis quando existe uma maior heterogeneidade na relação altura-diâmetro. Neste caso, o diâmetro não está fortemente correlacionado com a altura, ou seja, o diâmetro não explica bem o desenvolvimento da altura. Na Tabela 2 são mostrados os principais modelos de dupla entrada.

Tabela 2: Modelos volumétricos de dupla entrada

Autor	Modelo
Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 \text{dap}^2 \text{ht} + \varepsilon$
Schumacher-Hall	$V = \beta_0 \text{dap}^{\beta_1} \text{ht}^{\beta_2} + \varepsilon$
Honner	$V = \frac{\text{dap}^2}{\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{\text{ht}}} + \varepsilon$
Ogaya	$V = \text{dap}^2 (\beta_0 + \beta_1 \text{ht}) + \varepsilon$
Stoate	$V = \beta_0 + \beta_1 \text{dap}^2 + \beta_2 \text{dap}^2 \text{ht} + \beta_3 \text{ht} + \varepsilon$
Naslund	$V = \beta_1 \text{dap}^2 + \beta_2 \text{dap}^2 \text{ht} + \beta_3 \text{dapht}^2 + \beta_4 \text{ht}^2 + \varepsilon$
Takata	$V = \frac{\text{dap}^2 \text{ht}}{\beta_0 + \beta_1 \text{dap}} + \varepsilon$
Spurr (log)	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{dap}^2 \text{ht}) + \varepsilon$
Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1 \text{dap} + \beta_2 \text{dap}^2 + \beta_3 \text{dapht} + \beta_4 \text{dap}^2 \text{ht} + \beta_5 \text{ht} + \varepsilon$

Fonte: Scolforo (1997).

Onde:

V - volume;

DAP - diâmetro a altura do peito;

ht - altura total;

β 's - parâmetros a serem estimados;

Ln - logaritmo neperiano.

As equações de tripla entrada não são recomendadas, uma vez que levam em consideração além do diâmetro e altura uma terceira variável independente, o fator de forma (f), que além de ser de difícil determinação, ainda possui pouca significância no ajuste de modelos (OLIVEIRA, 2010).

Para construção das tabelas de volume, um dos métodos utilizados é a técnica de regressão. A técnica de regressão é objetiva, uma vez que interrelações entre as variáveis dependentes (volume) e independentes (diâmetro e altura) são determinadas. O mérito de uma equação volumétrica, geratriz de uma tabela de volume, aumenta consideravelmente se ela possuir poucas variáveis, estas sejam fáceis de se mensurar com exatidão, altamente correlacionadas com o volume, tenham baixa correlação entre si e o volume estimado por árvore individual se aproxime do valor calculado pela técnica padrão de cubagem rigorosa da árvore abatida (ROCHA, 1992).

As metodologias usadas atualmente para se obter estimativas de biomassa em áreas florestais são baseadas, principalmente, em dados de inventário florestal, empregando-se fatores e equações de biomassa, que transformam dados de diâmetro, altura ou volume em tais estimativas (SOMOGYI *et al.*, 2007).

Na maioria dos casos é necessária uma amostragem destrutiva para a estimativa correta de biomassa. Normalmente, a biomassa arbórea é medida a partir de seus componentes. A separação e especificação desses componentes varia de acordo com o tipo de povoamento e os objetivos a serem alcançados. Essa variação pode incluir ou excluir alguns componentes específicos, tais como flores e frutos, ou detalhar outros, como raízes e ramos, subdividindo-os em raízes finas e raízes grossas, ramos com idades e espessuras diferentes (CAMPOS, 1991).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

O levantamento de campo foi conduzido em três parcelas da área do Projeto EUCFLUX, localizado no município de Itatinga, Estado de São Paulo. Tais repetições, ilustradas na Figura 1, foram escolhidas por estarem alocadas em pontos com elevações distintas no terreno e também por apresentarem condições edáficas distintas, sendo que na repetição situada na região mais baixa, o solo é argiloso (repetição 10) e nas repetições alocadas na região mais alta, o solo é predominantemente arenoso (repetições 3 e 8). O clima da região é Cwa, de acordo com a classificação de Köppen, o que indica um clima úmido e quente, com inverno seco. O mês de menor precipitação é julho (20-30mm) e o mês mais chuvoso janeiro (200-225mm). A temperatura média anual é de 18°C, com mínima de 10°C em julho e máxima de 28°C em janeiro (SENTELHAS & ANGELOCCI, 2009).

Os seis clones disponíveis para a avaliação, em campo da doença são bastante heterogêneos entre si, porém são os que apresentam menor taxa de respiração e apresentaram produtividade mais alta (dados obtidos a partir de resultados do projeto Eucflux). Os mesmos estão apresentados na Tabela 3.

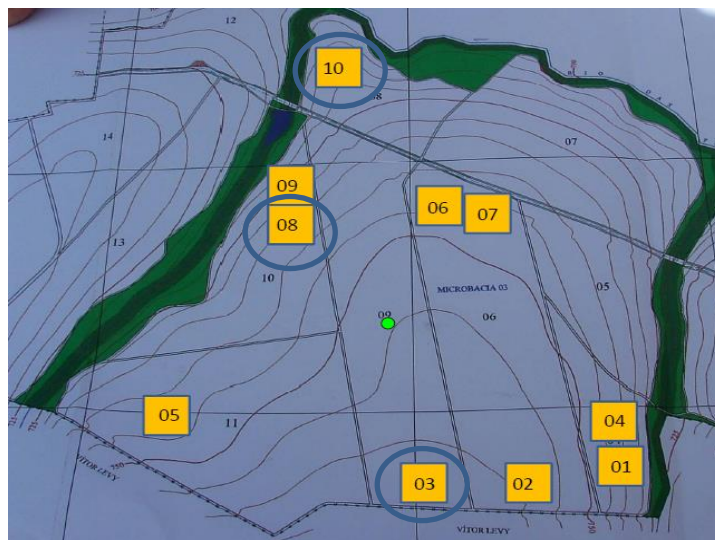


Figura 1: Mapa apresentando as repetições alocadas na área do Projeto Eucflux, nas quais as circuladas são as avaliadas

Tabela 3: Lista dos clones disponíveis para avaliação dentro do projeto Eucflux

CLONE	ORIGEM
1	Sementes <i>E.grandis</i> CH Duratex
6	Clone Fibria (ex-Aracruz) (Híbrido <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)
8	Clone Cenibra (Híbrido <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)
12	Clone ArcelorMittal BioEnergia (Híbrido <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)
14	Clone Klabin (Híbrido <i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>)
16	Clone Copener – Área Seca (Híbrido <i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>)

3.2 Levantamento em campo

A partir do cruzamento dos dados obtidos (incidência X condições edáficas), foi possível gerar um sistema de análise epidemiológica. Para o procedimento das avaliações dos cancos basal e típico, que ocorreu em condição de epidemia aberta, observaram-se os sintomas apresentados pelos indivíduos doentes, sendo avaliados todos os indivíduos da repetição.

A presença ou ausência do cancro foram registradas, obtendo-se mapas de cada clone, dentro de cada repetição. Os mapas obtidos são de incidência cumulativa, ou seja, considerou-se que uma árvore doente em uma avaliação permanece doente nas posteriores. Todos os dados foram registrados em planilhas do programa Microsoft Office Excel®, gerando assim os mapas que formaram a base para a análise do padrão espacial da doença.

Para o cálculo da severidade, foram tomadas, com auxílio de uma fita métrica, as medidas da lesão causada pelo cancro (comprimento x largura), sendo o possível o cálculo da área lesionada. Com os dados do inventário florestal, foi possível calcular a área do tronco das árvores doentes e assim estimar o dano causado de acordo com a área lesionada obtida.

As avaliações de incidência e severidade foram avaliadas em intervalos trimestrais.

3.3 Dinâmica espacial

A análise do padrão espacial do cancro basal foi realizada através de mapeamento da área a partir de dados binários (presença ou ausência de árvores doentes). Foram contabilizadas como árvores doentes as que apresentaram os sintomas típicos da doença e a incidência foi calculada através da seguinte fórmula: $(p = T/D)$, onde: T = número total de árvores na parcela; D = número total de árvores doentes.

Os dados de incidência formaram a base para o cálculo do índice de dispersão (ID) (GOTTWALD et al., 1995; MADDEN et al., 1995; LARANJEIRA & BERGAMIN FILHO, 1998; 2004) e da lei de Taylor modificada (TAYLOR, 1961). Cada mapa foi dividido em diversos tamanhos de *quadrats* com a finalidade de se escolher o mais adequado. Para cada mapa, cada tamanho de *quadrat* e cada clone avaliado foi realizada uma análise individual.

A análise da distribuição das árvores com cancro dentro dos *quadrats*, em cada avaliação, foi estimada pela análise binomial, através do cálculo do índice de dispersão binomial, que é a variância observada entre *quadrats* (Vobs) e a variância da distribuição binomial (Vbin) (MADDEN & HUGHES, 1995).

Para cada uma das avaliações, para cada tamanho de *quadrat* e cada clone avaliado, a análise binomial (planta doente ou sadia) foi calculada na forma de variância observada (Vobs), conforme metodologia de 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* $V_{obs} = \Sigma[(x_i - np)^2/n^2(N-1)]$ onde: X_i = número de árvores doentes no *quadrat* e N = número total de *quadrats*.

Para o cálculo do índice de dispersão (ID) utilizaram-se os resultados da Vobs/Vbin, sendo possível concluir, sobre o padrão de distribuição espacial das árvores doentes em cada mapa e para cada tamanho de *quadrat*.

Para os valores de ID obtidos de cada *quadrat* foi aplicado o teste do χ^2 (qui-quadrado) para verificar se o valor calculado foi maior ou igual a 1 ao nível de significância de 5%.

De acordo com Taylor (1961), dados de distribuição espacial de populações de uma espécie podem relacionar-se linearmente com o logaritmo da variância observada (Vobs) e o logaritmo da média. Tendo isso em vista, a lei de potência binária relaciona através de regressão linear [$\text{Log(Vobs)} = \log(A) + b \cdot \log(V\text{bin})$] a agregação ou não 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 $b > 1$ e aleatória, quando $b = 1$.

Dos cálculos de índice de dispersão (ID) para cada tamanho de quadrats, foram geradas as variâncias (Vbin) e (Vobs), estimando-se o logaritmo de cada variância, considerando-se como variável independente o $\log(V\text{bin})$ e como variável dependente, o $\log(V\text{obs})$.

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).

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 agregada. E se o valor de b for $>$ que 1, o nível de agregação aumenta com o aumento da incidência (MADDEN & HUGHES, 1995).

A equação de regressão foi avaliada para cada conjunto de dados e para cada *quadrat*, através do teste t (MADDEN et al., 1995). Foram testadas as hipóteses de $b = 1$ ($b = \log V\text{bin}$) e 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 $\log(V\text{obs}) = \log(A) + b \log(V\text{bin})$, foi possível determinar os valores dos parâmetros b e A para cada tamanho de *quadrat* para cada parcela e clones avaliados, assim como o coeficiente de determinação (R^2) para cada conjunto de dados.

3.4 Dinâmica temporal – Ajuste de curvas de progresso da doença

Através dos dados de incidência obtidos foram plotadas curvas de progresso da doença para cada clone, dentro de cada repetição em cada época do monitoramento. 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).

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

Onde:

Y = incidência da doença

(T_{i+1} - T_i) = intervalo entre duas avaliações consecutivas

A comparação dos clones foi realizada através da análise de variância das AACPDs e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em seguida, procedeu-se o ajuste dos dados aos quatro modelos empíricos mais usados para o estudo de epidemias: monomolecular, logístico, de Gompertz e exponencial. Para cálculo dos modelos, foram utilizadas as seguintes equações:

Logito: $y = \ln(y/(1-y))$

Monito: $y = \ln(1/(1-y))$

Gompito: $y = -\ln(-\ln(y))$

Exponito: $y = \ln(y)$

Onde:

y = Proporção de doença;

Proporção = incidência/100, segundo JESUS JUNIOR et al. (2004)

Para a determinação do R² e dos coeficientes (Interseção e Variável X1) do logito, monito, gompito e exponito, realizou-se a regressão entre os valores reais de logito, monito, gompito e exponito, e período das avaliações, em dias (0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias). Estes foram ajustados de acordo com dados reais e previstos,

com obtenção dos coeficientes de determinação (R^2) e coeficiente de determinação ajustado da análise de regressão (R^{*2}) (JESUS JUNIOR et al., 2004; CORNELL & BERGER, 1987).

Para o cálculo de R^{*2} foi preciso calcular os dados previstos para logito, monito, gompito e exponito. Para tal, calculou-se a variável y_0 , sendo:

Logito: $y_0 = (\exp(y)/(1+\exp(y)))$

Monito: $y_0 = (\exp(y)-1/(\exp(y)))$

Gompito: $y_0 = \exp(-\exp(-y))$

Exponito: $y_0 = (\exp y)$

Posteriormente à determinação de y_0 para cada condição, calculou-se cada modelo previsto:

Logito: $Y = 1/(1+((1/y_0)-1)*\exp(-r*t))$

Onde:

y_0 = y_0 calculado para Logito;

r = variável X_1 obtida para Logito;

t = Período da avaliação.

Monito: $Y = 1-(1-y_0)*\exp(-r*t)$

Onde:

y_0 = y_0 calculado para Monito;

r = Variável X_1 obtida para Monito;

t = Período da avaliação.

Gompito: $Y = \exp(-(-\ln(y_0))*\exp(-r*t))$

Onde:

y_0 = y_0 calculado para Gompito;

r = Variável X_1 obtida para Gompito;

t = Período da avaliação.

Exponito: $Y = y_0(\exp(r \cdot t))$

Onde:

y_0 = y_0 calculado para Exponito;

r = Variável X1 obtida para Exponito;

t = Período da avaliação

3.5 Inventário Florestal

Foram coletados, nas três repetições avaliadas, dados dos seis clones estudados. Parcelas de inventário foram demarcadas em campo com o auxílio de uma fita zebreada e as árvores do perímetro foram pintadas com spray fluorescente vermelho para facilitar as medições.

Em cada parcela de inventário foram coletados dados de altura, em média, das primeiras 40 árvores e os Diâmetros à Altura do Peito (DAPs) de todas as árvores da parcela. As parcelas seguiram o tamanho do plantio de cada clone, com área de 1152 m², com cerca de 192 árvores por parcela. Os DAPs foram coletados com o auxílio de uma suta e as alturas medidas com um clinômetro digital.

3.5.1 Modelos de equações hipsométricas

Nos inventários florestais comerciais, coleta-se a altura de parte dos indivíduos amostrados no campo. A relação hipsométrica entre a altura e o diâmetro dessas árvores possibilita o ajuste de modelos de equações, com os quais foi ajustado o modelo mais adequado para as repetições e clones avaliados a fim de estimar as alturas não medidas em campo.

Na Tabela 4, estão apresentados os três modelos testados para ajuste de equação de altura para cada uma das três repetições, considerando-se árvores sadias e doentes separadamente.

Tabela 4: Modelos de equação de relação hipsométrica testados

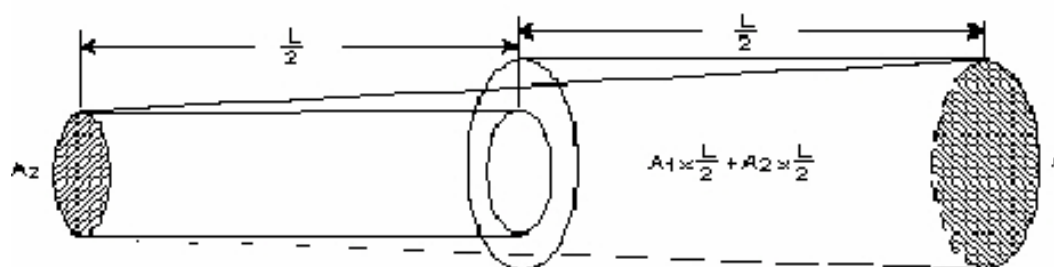
Autor	Modelo de equação
Näslund	$\frac{d}{\sqrt{h-1,3}} = b_0 + b_1 d$
Prodan	$\frac{d^2}{h-1,3} = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$
Curtis	$\log h = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$

d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura da árvore (m);; b₀, b₁, b₂ = coeficientes dos modelos.

Com os dados de altura e diâmetro coletados, foi ajustado o modelo mais adequado de relação hipsométrica para cada repetição. Para todas elas, o modelo de equação hipsométrica de Näslund foi o que demonstrou melhor ajuste.

3.5.2. Cubagem rigorosa

A cubagem consiste na derrubada de árvores para obtenção do volume real de cada árvore abatida. No cálculo do volume real foi utilizado o método da “Cubagem Rigorosa” de Smalian, ilustrado na Figura 2, no qual se secciona a árvore abatida em toretes de comprimento pré-estabelecido, sendo calculado o volume com e sem casca de cada seção, obtendo-se assim o volume real da árvore.

**Figura 2:** Esquema genérico para cubagem de uma seção da árvore por Smalian

Nesse caso, foi realizada a estimativa do volume por meio do fator de forma (fator de correção), que expressa o quanto o fuste da árvore está próximo a um cilindro, por meio de uma equação genérica [1] que utiliza o fator de forma absoluto.

$$[1] \quad Volume = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \cdot f$$

Em todas as repetições analisadas, utilizou-se da média de diâmetros e o desvio padrão da média para a escolha das árvores sadias para a cubagem rigorosa. Foi abatida, em cada clone de cada repetição, uma árvore com DAP na média dos diâmetros, uma árvore de DAP com um desvio padrão acima e uma árvore de DAP com um desvio padrão abaixo. Para a escolha da árvore doente, foi selecionado em cada clone de cada repetição, um indivíduo com cancro típico bem evidente.

3.6. Quantificação de danos

Os danos foram estimados para a produção volumétrica, em m³/ha, através da diferença de produção entre árvores sadias e doentes, conforme a equação abaixo (CORNELL & BERGER, 1987):

$$\% \text{ dano} = ((\text{PMPS} - \text{PMPD}) * 100) / \text{PMPS}$$

Onde:

PMPS = produção em volume da madeira da árvore sadia

PMPD = produção em volume da madeira da árvore doente (m³)

3.7. Quantificação de biomassa

As metodologias usadas atualmente para se obter estimativas de biomassa em áreas florestais são baseadas, principalmente, em dados de inventário florestal, empregando-se fatores e equações de biomassa, que transformam dados de diâmetro, altura ou volume em tais estimativas (SOMOGYI *et al.*, 2007).

Na maioria dos casos é necessária uma amostragem destrutiva para a estimativa correta de biomassa. Normalmente, a biomassa arbórea é medida a partir de seus componentes. A separação e especificação desses componentes varia de acordo com o tipo de povoamento e os objetivos a serem alcançados. (CAMPOS, 1991).

A metodologia empregada para determinação da biomassa do tronco neste trabalho seguiu a seguinte sequência de operações:

1. Cubagem rigorosa, pelo método de Smalian, do tronco das árvores abatidas para obter o volume com casca, o volume sem casca e o volume de casca;
2. Retirada dos discos de madeira, com 3 a 4 cm de espessura, a 0,30m, 1,0m, 1,3m de altura e a intervalos constantes de 2 em 2 metros ao longo do fuste, até um diâmetro mínimo comercial considerado;

3. Determinação, em laboratório, da densidade básica da madeira em cada ponto de amostragem do fuste e subsequente densidade de cada seção, bem como da densidade ponderada do tronco.

Para determinar a densidade básica da madeira, os discos foram imersos em água, de tal modo a se obter os respectivos volumes saturados, onde o teor de umidade é maior do que o ponto de saturação das fibras. Através do método gravimétrico, em que se utiliza um recipiente com água e uma balança de precisão, obtém-se a massa saturada imersa de cada disco. Determinou-se também a massa saturada ao ar de cada disco. A diferença entre a massa saturada ao ar e a massa saturada imersa fornece o volume saturado ou volume verde (vv). A densidade básica do disco foi calculada pela relação entre a massa seca (Ps) em estufa (a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) e o respectivo volume saturado, ou seja:

$$DB_{\text{disco}} = \frac{P_s}{v_v}$$

Em que:

DBdisco = densidade básica do disco em g/cm^3 ;

Ps = massa do disco de madeira seco em estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;

vv = volume de madeira verde;

A densidade básica de cada seção do tronco e a densidade média ponderada para todo o tronco foram calculadas pelas seguintes fórmulas:

$$DB_{\text{seção}} = \frac{DB_{\text{discos superior}} + DB_{\text{discos inferior}}}{2}$$

$$DB_{\text{tronco}} = \frac{\sum_{i=1}^n (v_{\text{seção}} \cdot DB_{\text{seção}})}{\sum_{i=1}^n v_{\text{seção}}}$$

Em que:

DBseção = densidade básica da seção em g/cm^3 ;

DBtronco = densidade básica média ponderada do tronco comercial em g/cm^3 ;

vseção = volume sem casca da seção (m³).

Uma vez realizadas a coleta de dados de campo e as análises laboratoriais, a biomassa da madeira dos fustes das árvores, por sua vez, pode ser obtida pela expressão:

$$P = DB_{tronco} \cdot 1000 \cdot v$$

Em que:

P = Biomassa de madeira seca do tronco comercial da árvore, em kg;

v = Volume comercial sem casca da árvore, em m³;

DBtronco = Densidade básica representativa da árvore, em g/cm³;

* A constante 1000 se relaciona a transformação de g/cm³ em kg/m³ para a obtenção da biomassa em kg.

A biomassa das árvores contidas nas parcelas foi estimada por meio de modelo de regressão. Para isso, foram testados diversos modelos com a finalidade de selecionar o melhor.

A densidade de casca foi determinada também pelo método gravimétrico, o mesmo usado para o cálculo da densidade da madeira, sendo que as amostras foram compostas, contendo a casca das diferentes árvores abatidas, separando-se os indivíduos sadios dos doentes.

3.8. Quantificação de carbono

As estimativas da quantidade de carbono presentes no fuste, com e sem casca, e na casca foram obtidas usando a proporção de carbono em madeiras, que para a maioria das folhosas equivale a 50% base seca (BROWNING, 1963). Essa metodologia também foi usada por SOARES & OLIVEIRA (2002) para quantificação de carbono em diferentes compartimentos da floresta em seu trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resistência clonal

Os valores de incidência do cancro basal nos solos arenoso, de textura média e argiloso estão apresentados nas figuras 3, 4 e 5. De acordo com tais resultados, para incidência da doença em cada repetição, percebe-se considerável heterogeneidade e que ela progrediu ao longo dos dois anos de avaliação para todos os materiais avaliados, mesmo que em pequena escala. Observaram-se os menores valores de incidência nos solos arenoso e de textura média para os clones 1, 8, 14 e 16 e os valores mais altos, para a maioria dos clones, no solo argiloso.

O solo argiloso, localizado na parte mais baixa do terreno e com maior disponibilidade de nutrientes, apresentou a maior incidência da doença para três clones (8, 14 e 16) dentre as três repetições avaliadas. Esse resultado é diferente dos obtidos por AUER & KRUGNER (1997) e SOUZA (2007), pois em ambos os estudos foi constatada maior incidência de cancro basal em solos arenosos. Tal resultado pode ser devido à presença de um açude próximo a essa parcela, criando um microclima mais úmido que o apresentado nas parcelas mais altas, favorecendo o desenvolvimento do patógeno.

Os clones 6 e 12 não apresentaram diferença significativa de incidência da doença entre as três repetições avaliadas. Os outros clones restantes apresentam diferença significativa quanto ao local onde está plantado, mostrando que existe influência do local de plantio na incidência da doença na área avaliada (Tabelas 5 a 7). De acordo com a incidência, classificam-se os clones da seguinte maneira, do mais resistente para mais suscetível: 12, 6, 14, 1, 8 e 16.

Dentre os clones avaliados está um material seminal de *E. grandis* (clone 1), um híbrido *E. grandis* x *E. saligna* (clone 14), um híbrido *E. grandis* x *E. camaldulensis* (clone 16) e híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* (clones 6, 8 e 12). Como exposto anteriormente, *E. saligna*, *E. camaldulensis* e *E. grandis* têm alta suscetibilidade ao ataque de *C. cubensis* e *E. urophylla* é tolerante ao ataque do patógeno.

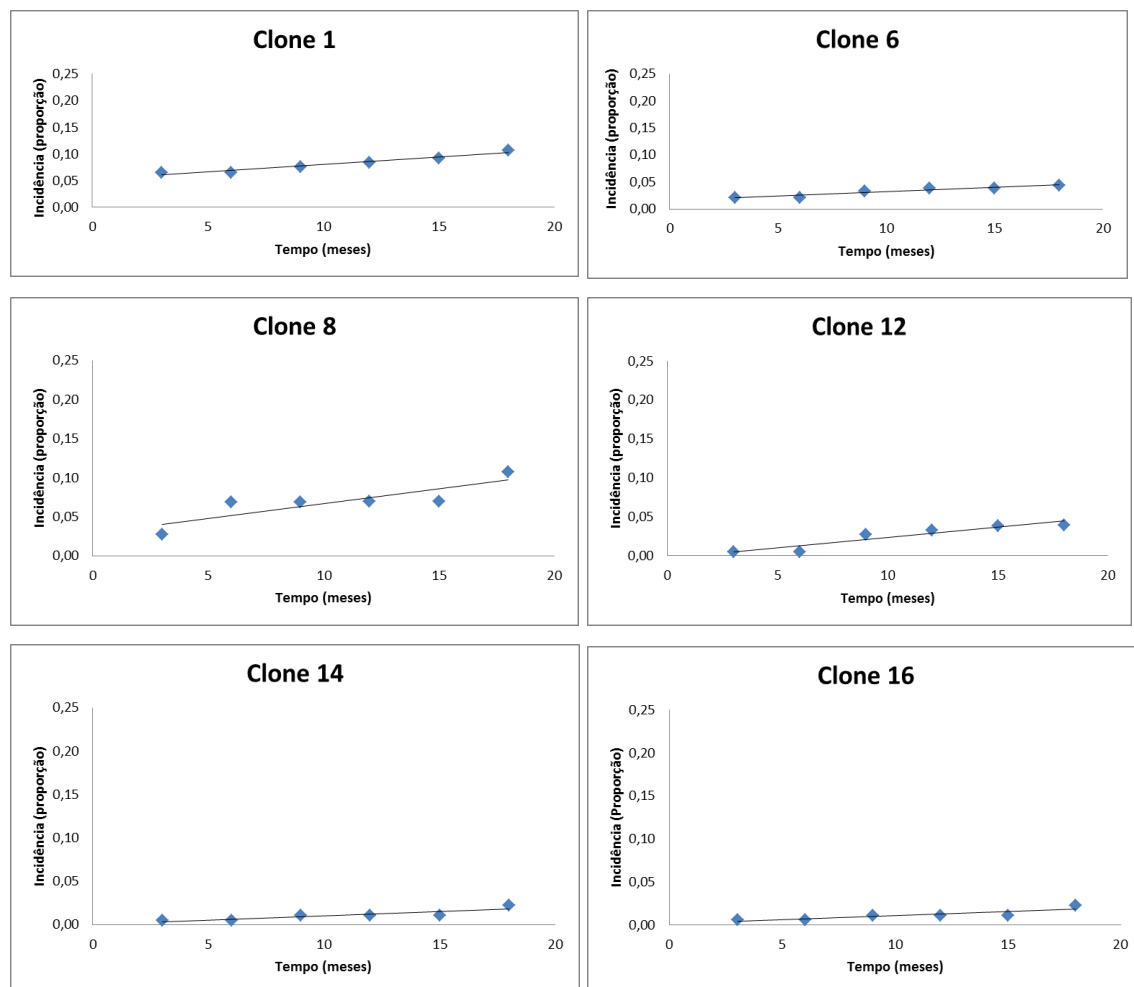


Figura 3: Dados de incidência do cancro basal para o solo arenoso, por clone

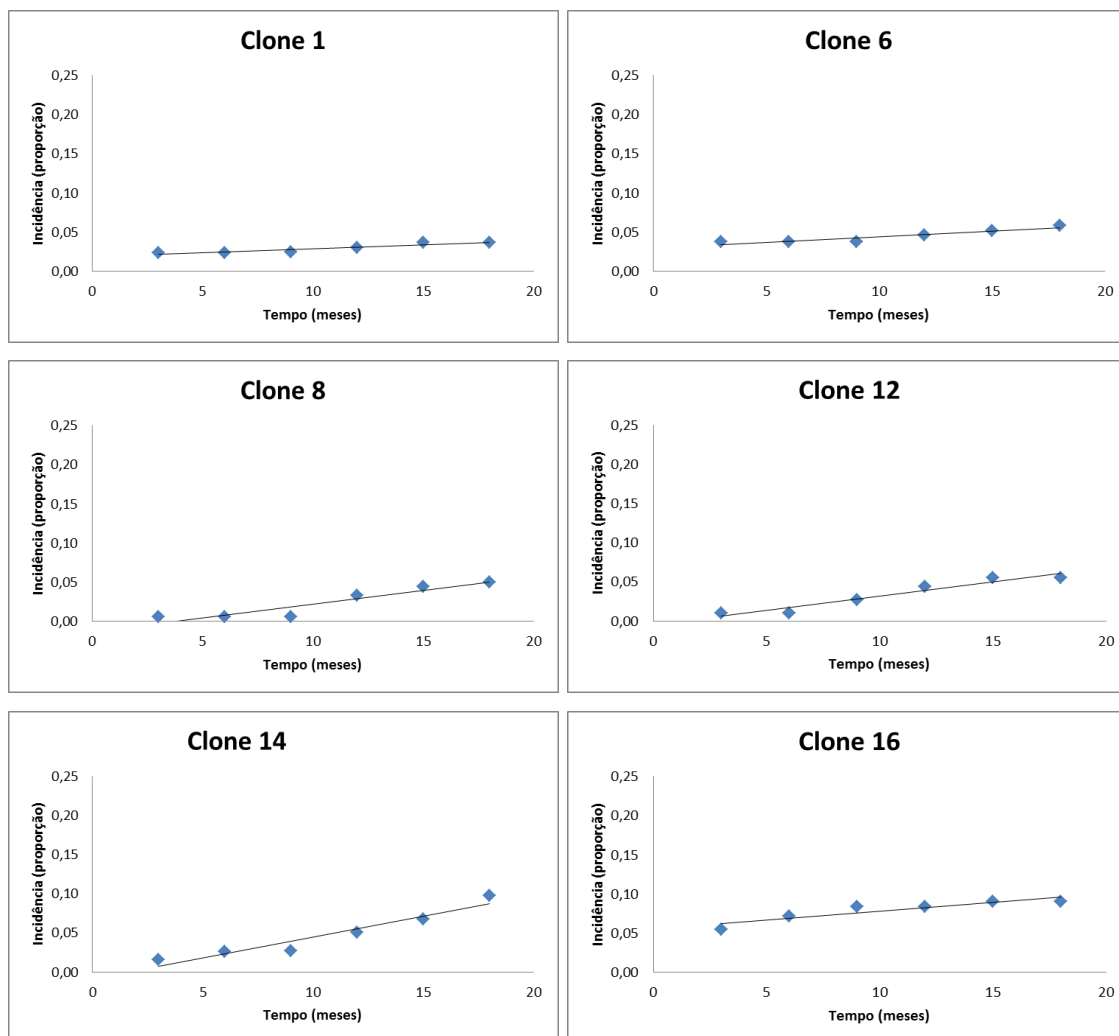


Figura 4: Dados de incidência do cancro basal para o solo de textura média, por clone

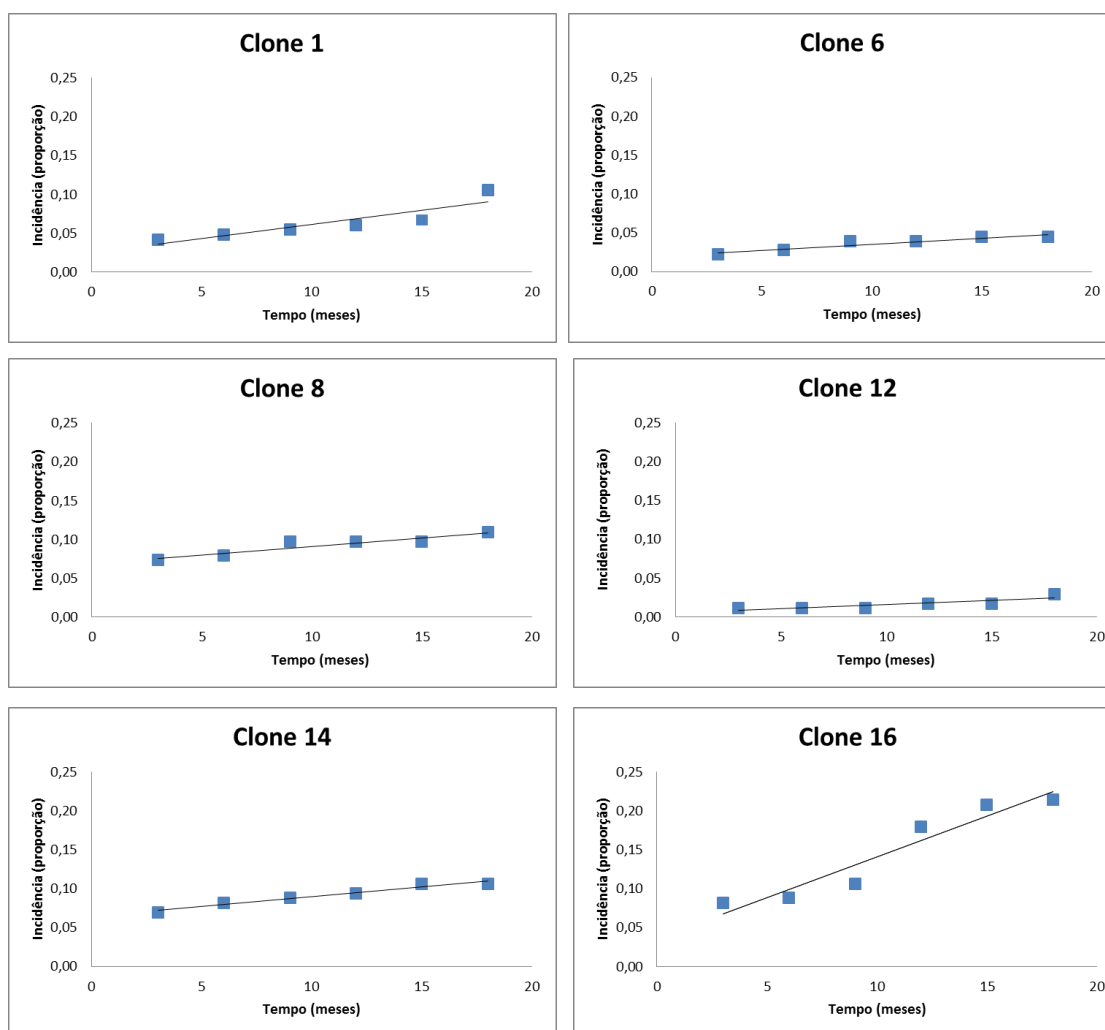


Figura 5: Dados de incidência do cancro basal para o solo argiloso, por clone

Tabela 5: Análise de variância das incidências encontradas para todos os clones nas três repetições avaliadas

FV	GL	SQ	QM	F
Clone	5	0,03880	0,00776	15,6621 **
Tipo de solo	2	0,01715	0,00858	17,3114 **
Clone x Tipo de solo	10	0,04074	0,00407	8,2234 **
Resíduo	90	0,04459	0,0005	
Total	107	0,14127		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

Tabela 6: Média das incidências de cancro basal encontradas por clone e por repetição avaliado

Média dos clones		Média das repetições	
Clone 1	0,05612 bc	Solo arenoso	0,04554 b
Clone 6	0,03749 cd	Solo de textura média	0.04212 b
Clone 8	0,05931 b	Solo argiloso	0.07040 a
Clone 12	0,02460 d		
Clone 14	0,05319 bc		
Clone 16	0,08550 a		

Tabela 7: Médias das incidências na interação clone x repetição

Tratamento	REPETIÇÃO		
	Arenoso	Textura média	Argiloso
Clone 1	0,0783 aA	0,0295 bB	0,0606 bcA
Clone 6	0,0324 bcA	0,0440 abA	0,0357 cdA
Clone 8	0,0664 abA	0,0235 bB	0,0880 bA
Clone 12	0,0244 cA	0,0334 bA	0,0161 dA
Clone 14	0,0261 cB	0,0464 abB	0,0871 bA
Clone 16	0,0457 ab	0,0759 aB	0,1349 aA
CV(%): 42,25			

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

4.2. Análise espacial

4.2.1. Índice de Dispersão

Os valores de Índice de Dispersão do cancro basal nos solos arenoso, de textura média e argiloso por clone avaliado estão apresentados nas Tabelas 8, 9 e 10 para os quatro tamanhos de *quadrat* utilizados.

A cada valor de índice foi aplicado o teste do qui-quadrado (χ^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 de acordo com o tamanho do *quadrat* utilizado. Os valores destacados em vermelho são os que indicaram distribuição agregada da doença, representando 44,4% do total calculado, contra os 15,3% apresentados no primeiro ano de avaliação.

Tabela 8: Valores dos Índices de Dispersão dos clones 1, 6, 8, 12, 14 e 16 encontrados para todos os tamanhos de quadrats estudados no primeiro (à esquerda) e segundo ano (à direita) para o solo arenoso

	QUADRATS			
CLONE	2X4	3X4	4X4	6X4
1	1,543	1,642	1,093	2,125
6	0,87	0,801	0,728	0,572
8	1,456	1,464	1,714	2,185
12	0,991	0,987	0,832	0,951
14	0,964	0,959	0,959	0,959
16	1,04	1,066	1,093	0,707

	QUADRAT			
CLONE	2X4	3X4	4X4	6X4
1	1,071868	1,430041	1,30543	1,430528
6	1,041787	0,662305	1,085306	1,13297
8	1,851459	2,173299	2,881077	3,769621
12	1,520326	2,108211	2,114755	2,765796
14	0,919821	0,901805	0,88297	0,84261
16	1,314337	1,923267	1,430173	1,557042

Tabela 9: Valores dos Índices de Dispersão dos clones 1, 6, 8, 12, 14 e 16 encontrados para todos os tamanhos de quadrats estudados no primeiro (à esquerda) e segundo ano (à direita) para o solo de textura média

	QUADRATS			
CLONE	2X4	3X4	4X4	6X4
1	0,781	1,506	1,286	0,521
6	1,055	0,577	1,097	0,81
8	0,986	0,983	0,984	0,984
12	1,188	1,169	1,156	1,323
14	0,879	1,09	0,718	0,729
16	1,299	1,506	1,916	1,252

	QUADRAT			
CLONE	2X4	3X4	4X4	6X4
1	1,660343	1,585852	1,506375	1,336068
6	1,099948	0,938357	1,475791	1,147421
8	1,667551	2,139586	2,388363	2,153746
12	1,567177	1,696767	2,092666	2,014474
14	1,844688	2,17181	2,760271	4,021259
16	1,424511	1,702472	1,984303	1,528301

Tabela 10: Valores dos Índices de Dispersão dos clones 1, 6, 8, 12, 14 e 16 encontrados para todos os tamanhos de quadrats estudados no primeiro (à esquerda) e segundo ano (à direita) para o solo argiloso

	QUADRATS			
CLONE	2X4	3X4	4X4	6X4
1	0,65	1,094	0,612	0,633
6	1,059	1,695	1,576	1,648
8	0,958	1,183	1,33	1,665
12	0,931	0,924	0,976	0,888
14	1,312	0,975	2,781	1,165
16	1,733	1,025	1,013	0,968

	QUADRAT			
CLONE	2X4	3X4	4X4	6X4
1	0,9	1,102	1,187	0,973
6	1,726	2,382	1,446	1,989
8	1,175	1,112	1,291	1,547
12	1,238	1,194	1,148	1,049
14	2,071	1,464	1,811	1,435
16	2,186	2,226	2,783	3,504

No solo arenoso, observa-se que houve aumento da tendência à agregação da doença, ocorrendo em 45% dos casos, quando considerados todos os tamanhos de quadrat para os clones 8 e 12 e no quadrat tamanho 3x4 para o clone 16. Nos tamanhos restantes de quadrat, não foi constatada agregação através do teste de qui-quadrado. Tal fato indica que as árvores doentes estão em focos de 8 a 24 árvores no caso dos clones 8 e 12.

No solo de textura média, verifica-se agregação em 75% dos casos, sendo a maior porcentagem de agregação dentre os três tipos de solo avaliados. Os clones 8, 12 e 14 apresentaram distribuição agregada da doença para todos os tamanhos de quadrat. A incidência da doença teve aumento relevante, considerando-se que no primeiro ano de avaliação não foi possível observar dispersão agregada em todos os

tamanhos de quadrat avaliados. Foi possível constatar agregação em focos de até oito plantas (2x4).

No solo argiloso, o cancro basal apresentou tendência à agregação em proporção menor que nos solos arenoso e de textura média. Agregação para todos os tamanhos de quadrat foi encontrada para o clone 16 que, como já exposto anteriormente, foi o material mais atacado pela doença nesse tipo de solo. Assim como nos solos arenoso e de textura, desde incidências baixas, foi possível constatar agregação de plantas doentes no tamanho de quadrat 2x4 (focos de até 8 plantas).

Outro ponto a ser destacado é que o clone 12, que dentre os seis avaliados foi considerado o mais resistente, apresenta índice de dispersão agregado para os três tipos de solo avaliados, podendo-se dizer que a doença está confinada a focos com poucas árvores.

4.2.2. Lei da potência binária – Lei de Taylor modificada

A lei da potência binária indica o padrão geral de agregação de uma doença. Os valores de b e A , da equação de regressão linear e os coeficientes de determinação (R^2) estão apresentados na Tabela 11 e nas Figuras 6, 7 e 8, onde estimativas de b e de A , estatisticamente diferentes de 1 ($P < 0,05$), indicam um padrão geral de agregação de árvores sintomáticas e estão pintadas de vermelho. Nas células pintadas de verde, os valores de b são significativamente superiores a 1, indicando que o grau de agregação é em função da incidência, ou seja, quanto maior ela for, maior será o grau de agregação de árvores sintomáticas. Dentro deste contexto, o parâmetro b é considerado um índice de agregação (TAYLOR, 1961; VALE et al., 2004).

Ainda na Tabela 11, em alguns casos, pode-se observar que o parâmetro b é significativamente maior que 1, porém o A não. Enquadraram-se nessa condição os clones 6 (*quadrat* 2x4) e 8 (*quadrat* 4x4) na alocados na repetição 3; clones 1 (*quadrat* 2x4), clone 6 (*quadrat* 2x4), clone 8 (*quadrats* 2x4 e 4x4) e, clone 16 (2x4, 3x4) alocados na repetição 8 e; clone 6 alocado na repetição 10 para os tamanhos de *quadrat* 2x4, 4x4 e 6x4.

Para o solo de textura arenosa, localizado no ponto mais alto do terreno, observou-se que o clone 14 apresentou distribuição aleatória da doença, independentemente do tamanho de *quadrat* usado. Além deste material, observou-se aleatoriedade na distribuição da doença nos clones 1 nos *quadrats* 2x4, 3x4 e 6x4 e no 6

no *quadrat* 3x4. Para o restante dos clones, exceto os casos já pontuados em que somente o parâmetro b difere da unidade, a distribuição da doença mostrou-se agregada e pelo fato do parâmetro b ser maior que 1, futuramente, o índice de agregação aumentará conforme aumentar a incidência da doença nesses materiais.

Para o solo de textura média, localizado em elevação intermediária, ocorre aleatoriedade para os clones 6 no *quadrat* 3x4 e 16 no *quadrat* 6x4. Para o restante dos clones, exceto os casos já pontuados em que somente o parâmetro b difere da unidade, a distribuição da doença mostrou-se agregada e pelo fato do parâmetro b ser maior que 1, futuramente, o índice de agregação aumentará conforme aumentar a incidência da doença nesses materiais.

Para o solo de textura argilosa, localizado no ponto mais baixo do terreno, o clone 1 novamente apresentou aleatoriedade na distribuição de plantas doentes para todos os tamanhos de *quadrat* avaliados 3x4 e 6x4. O clone 6 apresentou aleatoriedade no *quadrat* tamanho 3x4 e o 14 nos *quadrats* tamanho 4x4 e 6x4. Apresentaram distribuição agregada da doença para todos os tamanhos de *quadrat* usados os clones 8, 12 e 16.

Tabela 11: Valores dos parâmetros b e A da equação de regressão, de acordo com a lei da potência binária em todos os tamanhos de quadrats testados

CLONE 1									
	REPETIÇÃO 3			REPETIÇÃO 8			REPETIÇÃO 10		
	Valores de			Valores de			Valores de		
Quadrat	A	b	R ²	A	b	R ²	A	b	R ²
2x4	-1,9288	-0,0079	0,9696	0,6177	1,2425	0,8102	0,4369	1,2869	0,8042
3x4	-0,6807	0,5973	0,6113	5,0389	2,9085	0,9950	-0,3035	0,8588	0,7784
4x4	1,7977	1,6711	0,1069	5,5191	3,0079	0,9946	1,2307	1,5851	0,5725
6x4	-2,7642	-0,2150	0,2103	6,4631	3,2350	0,9939	0,8710	1,4095	0,5725
CLONE 6									
	REPETIÇÃO 3			REPETIÇÃO 8			REPETIÇÃO 10		
	Valores de			Valores de			Valores de		
Quadrat	A	b	R ²	A	b	R ²	A	b	R ²
2x4	0,7190	1,3055	0,9297	0,1615	1,0617	0,8310	1,0047	1,3573	0,8872
3x4	-0,8849	0,7149	0,9985	-0,1091	0,9742	0,7501	2,0350	1,6876	0,9088
4x4	1,9318	1,7162	0,9788	2,4948	1,9288	0,9544	0,6552	1,2142	0,8052
6x4	2,6468	1,9465	0,9894	2,9523	2,0800	0,9344	1,8814	1,5887	0,8435
CLONE 8									
	REPETIÇÃO 3			REPETIÇÃO 8			REPETIÇÃO 10		
	Valores de			Valores de			Valores de		
Quadrat	A	b	R ²	A	b	R ²	A	b	R ²
2x4	0,8686	1,3189	0,9976	0,6515	1,2081	0,9979	3,2147	2,6279	0,9956
3x4	1,4324	1,5190	0,9874	0,9338	1,2823	0,9900	1,2223	1,5647	0,9823
4x4	0,7779	1,1996	0,8615	-0,0006	2,3233	0,9608	4,3324	2,8777	0,9918
6x4	3,6213	2,2199	0,9752	1,0033	1,2782	0,9878	3,6428	2,4198	0,9285
CLONE 12									
	REPETIÇÃO 3			REPETIÇÃO 8			REPETIÇÃO 10		
	Valores de			Valores de			Valores de		
Quadrat	A	b	R ²	A	b	R ²	A	b	R ²
2x4	0,7446	1,2342	0,9977	0,8488	1,2972	0,9752	1,4065	1,4964	0,8656
3x4	1,1258	1,3376	0,9874	1,0960	1,3647	0,9795	1,4609	1,4886	0,8555
4x4	1,4271	1,4097	0,9962	1,6930	1,5443	0,9971	1,4815	1,4788	0,8441
6x4	1,8944	1,5179	0,9994	1,8083	1,5479	0,9467	1,4692	1,4563	0,8156
CLONE 14									
	REPETIÇÃO 3			REPETIÇÃO 8			REPETIÇÃO 10		
	Valores de			Valores de			Valores de		
Quadrat	A	b	R ²	A	b	R ²	A	b	R ²
2x4	-0,1436	0,9608	0,9993	1,3077	1,5303	0,9682	1,0897	1,3910	0,9230
3x4	-0,2010	0,9458	0,9991	1,7448	1,6636	0,9678	0,6994	1,2547	0,9857
4x4	-0,2635	0,9299	0,9989	2,1946	1,8065	0,9525	0,0452	0,9015	0,8706
6x4	-0,4052	0,8947	0,9982	2,1659	1,6598	0,9620	-2,0256	0,0947	0,0675
CLONE 16									
	REPETIÇÃO 3			REPETIÇÃO 8			REPETIÇÃO 10		
	Valores de			Valores de			Valores de		
Quadrat	A	b	R ²	A	b	R ²	A	b	R ²
2x4	0,8723	1,3622	0,9976	0,6177	1,2425	0,8102	1,8889	1,9124	0,9766
3x4	2,0191	1,7688	0,9974	1,4850	1,5963	0,7784	2,6043	2,1827	0,9677
4x4	1,7977	1,6711	0,9954	2,1946	1,8065	0,9525	3,8919	2,7032	0,9594
6x4	2,3727	1,8568	0,9949	-0,3661	0,8127	0,3181	6,3924	3,6426	0,9669

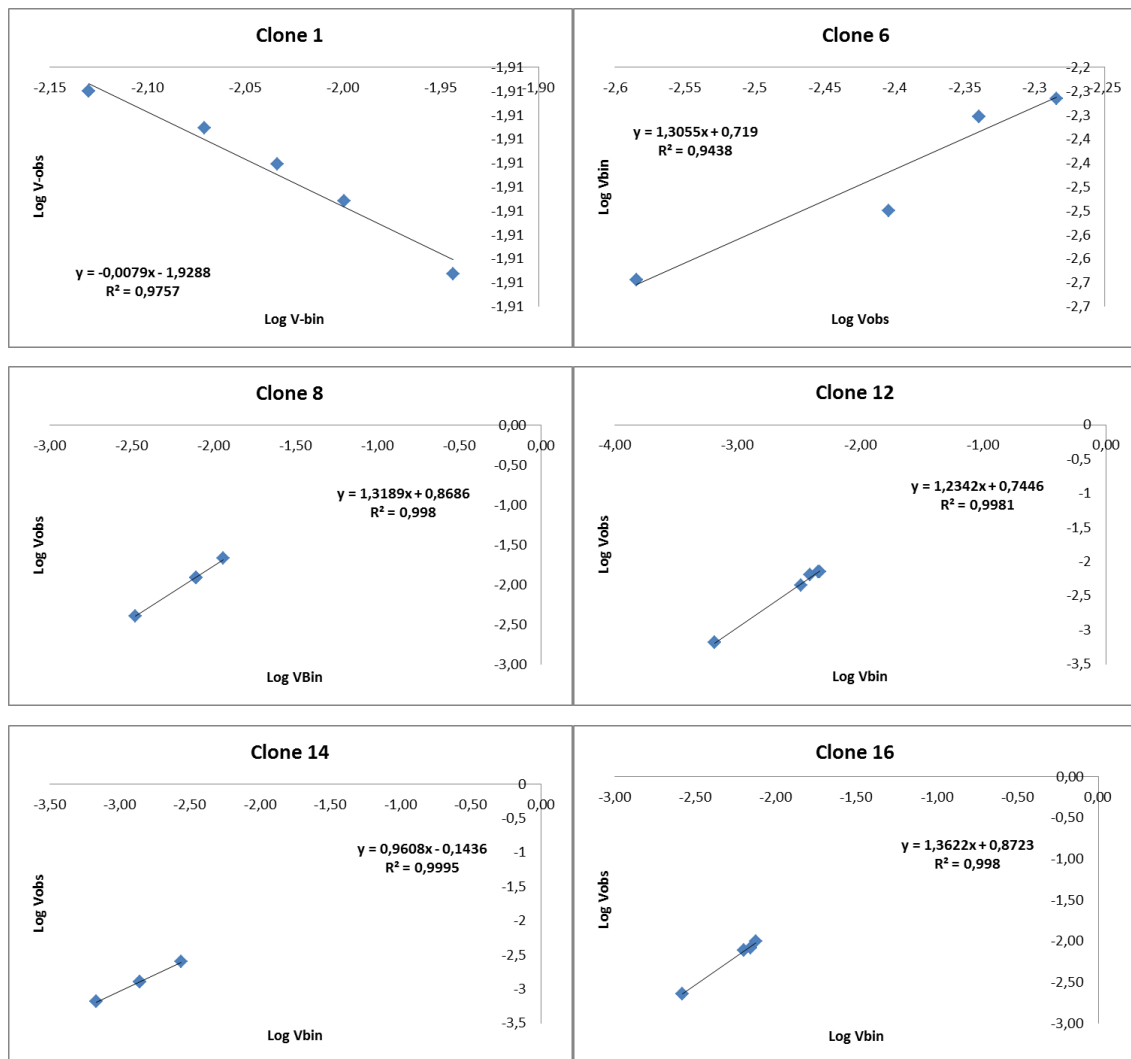


Figura 6: Relação entre o logaritmo da variância observada e o logaritmo da variância binomial de todos os clones implantados em solo arenoso. Cada ponto representa uma parcela de 192 árvores, nas quais avaliou-se a incidência em quadrat. A linha de tendência representa a equação $\log(V_{obs}) = \log(A) + b \log(V_{bin})$ ajustada aos dados obtidos para o solo arenoso.

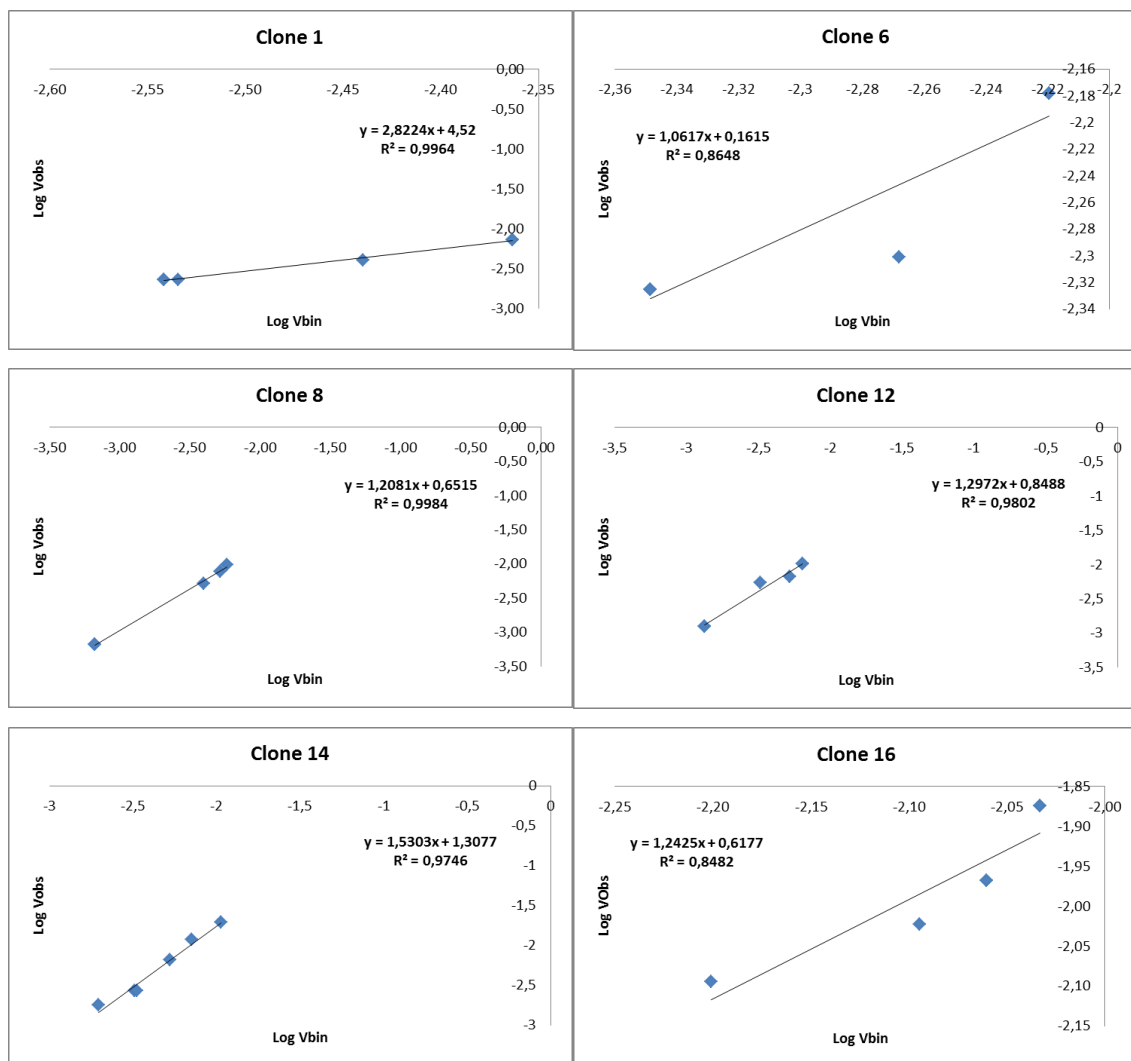


Figura 7: Relação entre o logaritmo da variância observada e o logaritmo da variância binomial de todos os clones implantados em solo de textura média. Cada ponto representa uma parcela de 192 árvores, nas quais avaliou-se a incidência em quadrat. A linha de tendência representa a equação $\log(V_{obs}) = \log(A) + b \log(V_{bin})$ ajustada aos dados obtidos para o solo de textura média.

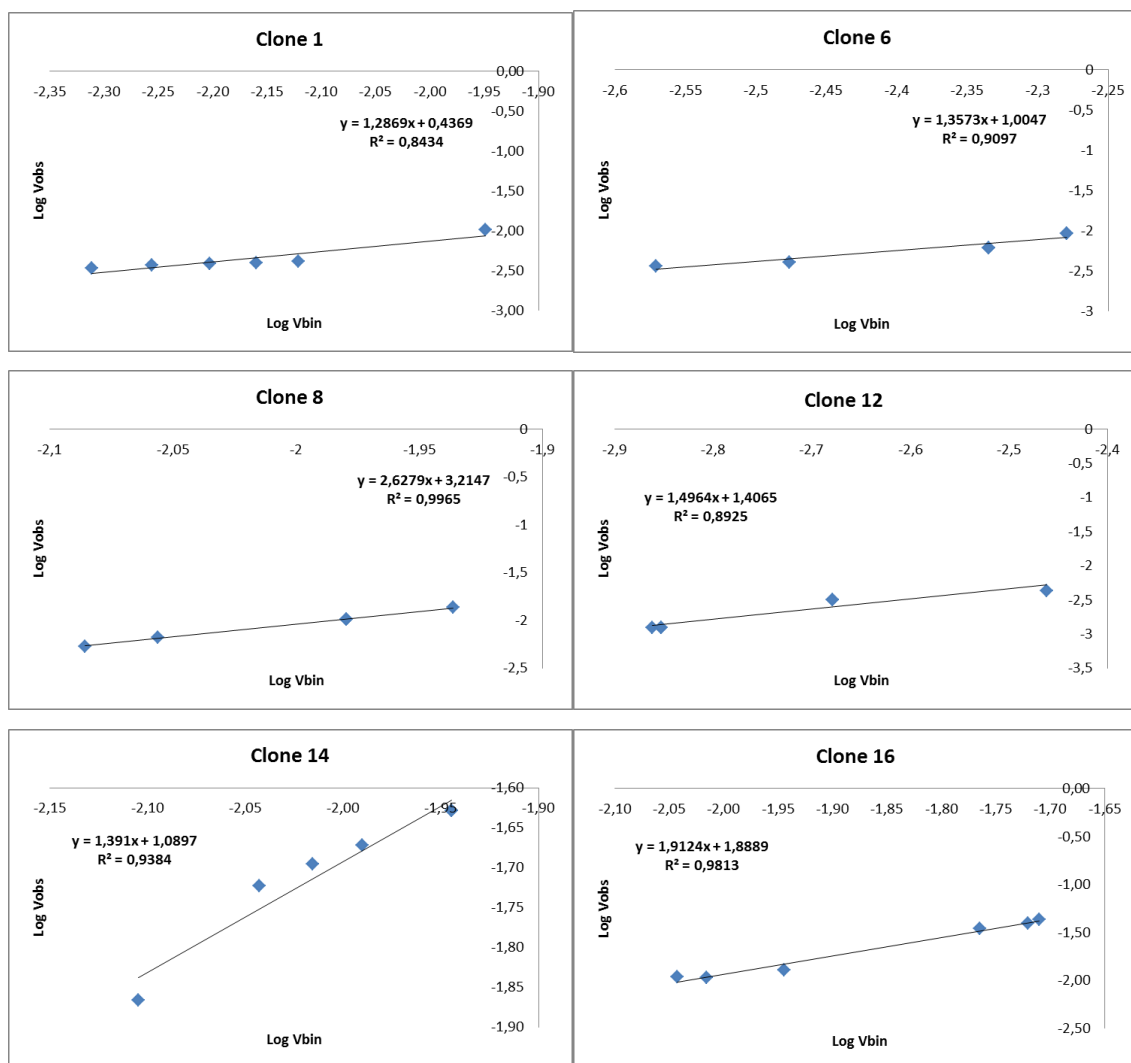


Figura 8: Relação entre o logaritmo da variância observada e o logaritmo da variância binomial de todos os clones implantados em solo argiloso. Cada ponto representa uma parcela de 192 árvores, nas quais avaliou-se a incidência em quadrat. A linha de tendência representa a equação $\log (Vobs) = \log (A) + b \log (Vbin)$ ajustada aos dados obtidos para o solo argiloso

No caso de doenças de origem biótica, o contágio é a causa da agregação entre plantas e no caso de doenças abióticas, o microclima é o responsável pelo aparecimento agregado de sintomas (UPTON & FINGLETON, 1985; CAMPBELL & MADDEN, 1990).

Observam-se variações quanto ao tamanho de *quadrat* para o parâmetro *b*, representado pelo Log (Vbin). Porém, de acordo com a lei da potência binária, o padrão espacial do cancro basal mostrou tendência gradativa à agregação nas três repetições avaliadas, independente do tipo de solo. Tal resultado também sugere que a evolução dessa doença mostrou-se lenta para a área avaliada.

Os fungos agentes do cancro basal do eucalipto, *C. cubensis* e também o complexo *B. dothidea*, *B. rhodina* e *Phomopsis* sp., possuem peritécios e

picnídios. Possivelmente 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 mesmo. 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).

O mecanismo acima descrito influencia diretamente no processo de dispersão, confinando 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 sítio de infecção de *C. cubensis* ocorre por ferimentos, rachaduras na casca e cicatrizes nodais de galhos desramados, portanto, parece lógico que o patógeno apresente dispersão lenta.

Doenças de causa biótica necessitam de maiores incidências para manifestarem o padrão de distribuição agregado, quando comparadas às doenças abióticas (LARANJEIRA et al., 1998). Os valores de incidência da doença nas repetições avaliadas aumentaram de maneira lenta, porém o suficiente para que agregação na distribuição fosse detectada em focos de oito plantas (quadrat 2x8), corroborando os resultados obtidos por SOUZA (2007), que em seu trabalho detectou o padrão agregado para valores de incidências relativamente altos (variando entre 11 a 20%). Para o segundo ano de avaliação tem-se incidências variando de 2 a 19,5%, sendo que a maior incidência encontrada no primeiro ano de avaliação foi de 7%.

Percebeu-se também que a ocorrência da doença está ligada ao local de plantio dos clones do que com o material genético em si, pois o clone 14 (*E. grandis* x *E. saligna*, que são espécies extremamente suscetíveis ao cancro) não está dentre os mais atacados em duas das três repetições, enquanto que o clone 8 (*E. grandis* x *E. urophylla*, onde a segunda espécie é extremamente resistente ao patógeno) apresenta maiores níveis de incidência de cancro.

4.3. Avaliação temporal – Ajuste de modelos e área abaixo da curva de progresso da doença

Um dos aspectos mais importantes na análise temporal de doenças é a seleção de um modelo que descreva satisfatoriamente a curva de progresso da mesma. Esta escolha tem por objetivo estimar parâmetros que são usados na análise estatística comparativa entre curvas de progresso de doenças (SPOSITO et al., 2004).

As curvas de progresso do cancro basal para os clones avaliados dentro de cada tipo de solo estão apresentadas nos gráficos 1 a 6.

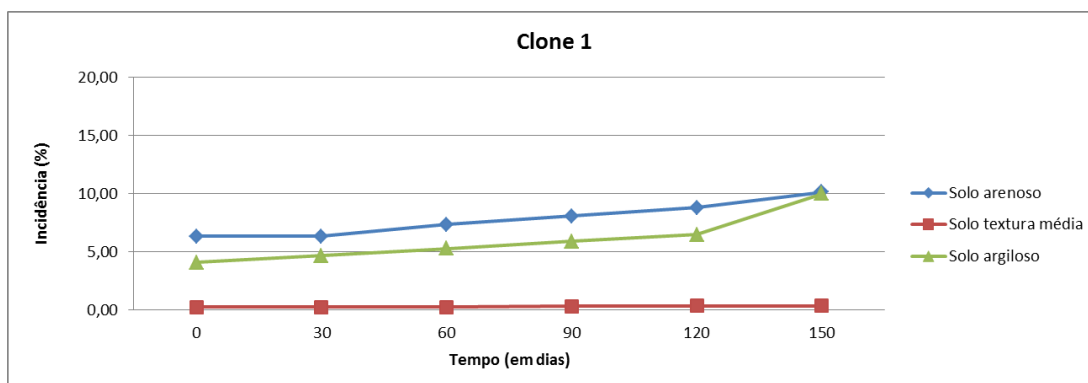


Gráfico 1: Curva de progresso do cancro basal no clone 1 para os três tipos de solo avaliados

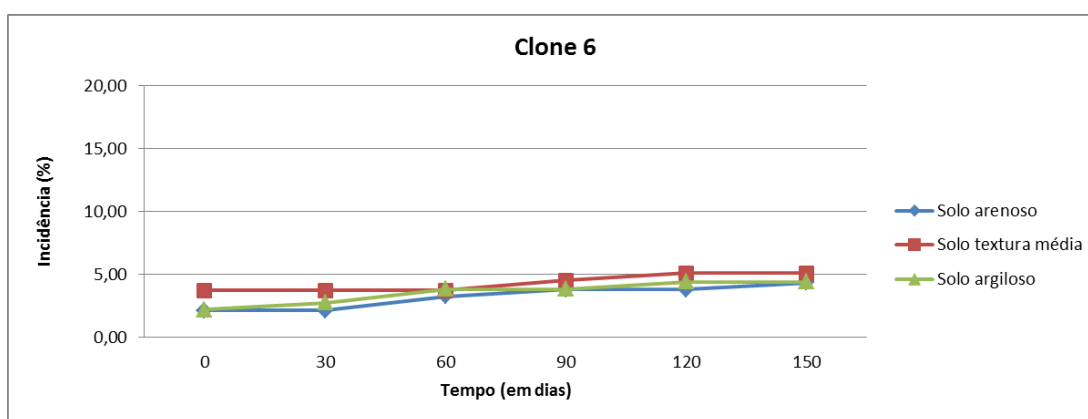


Gráfico 2: Curva de progresso do cancro basal no clone 6 para os três tipos de solo avaliados

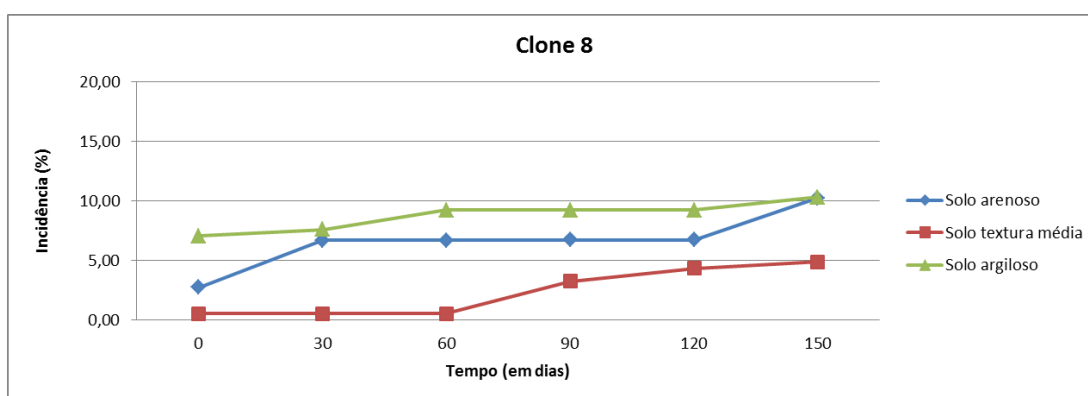


Gráfico 3: Curva de progresso do cancro basal no clone 8 para os três tipos de solo avaliados

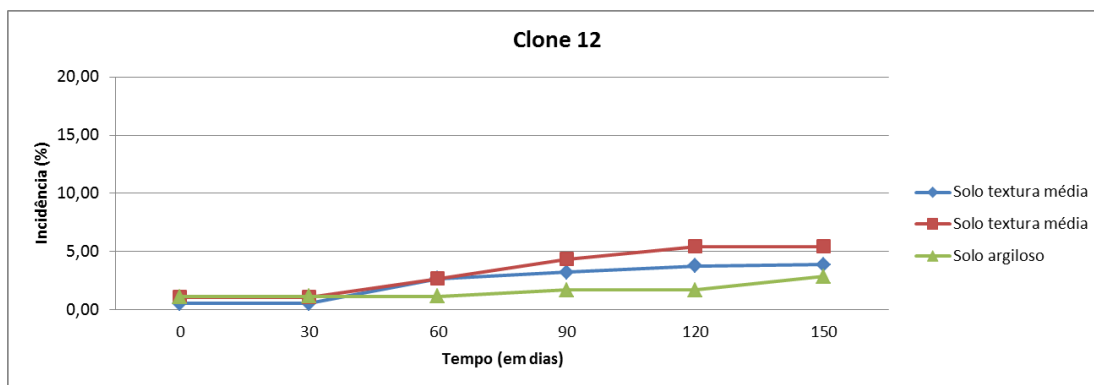


Gráfico 4: Curva de progresso do cancro basal no clone 12 para os três tipos de solo avaliados

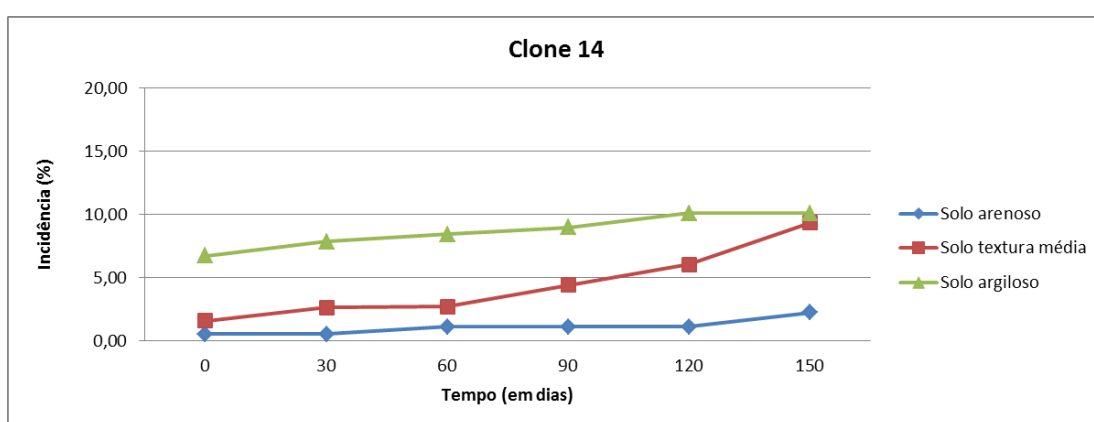


Gráfico 5: Curva de progresso do cancro basal no clone 14 para os três tipos de solo avaliados

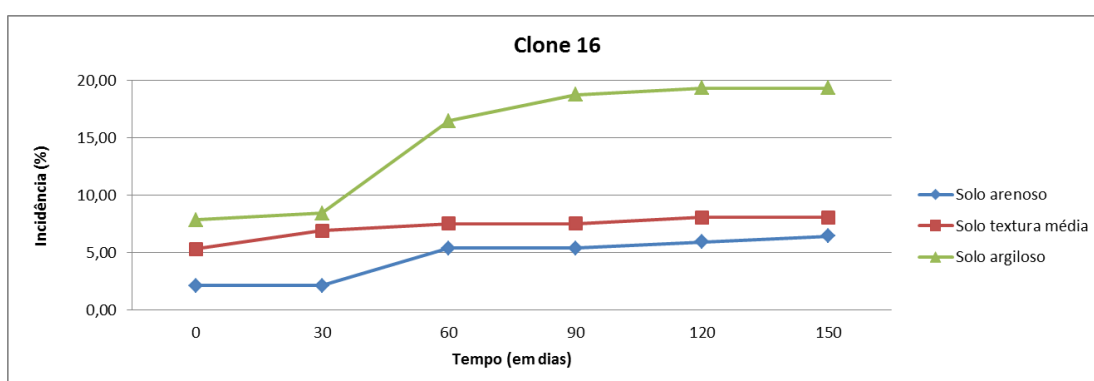


Gráfico 6: Curva de progresso do cancro basal no clone 16 para os três tipos de solo avaliados

Os modelos matemáticos testados no ajuste das curvas de progresso do cancro basal do eucalipto (monomolecular, logístico, Gompertz e exponencial) apresentaram coeficientes de determinação diversificados. Quanto à distribuição dos resíduos, não foi observado padrão de distribuição para nenhum dos modelos testados. Ademais, não foi possível o ajuste de um único modelo para os seis clones dentro dos três tipos de solo, não sendo possível, dessa maneira, a comparação entre o inóculo inicial e a taxa de progresso da doença entre os materiais (Tabela 12 e Gráficos 7 a 12).

Neste caso, foi utilizada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para a comparação da resistência clonal, onde plotaram-se os dados de incidência em função do tempo de avaliação do cancro basal, gerando-se a curva de progresso da doença para cada clone nos três tipos de solo. Através dela também, pode-se comparar a incidência de doença nos três tipos de solo.

Observa-se aumento lento da incidência da doença em função do tempo, tornando seu progresso pequeno ao longo dos anos e, consequentemente, uma taxa de infecção menor. Em todos os clones e tipos de solo avaliados não foi observada mortalidade de plantas.

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 (SOUZA, 2007).

Limitação no desenvolvimento de uma doença poliética pode ser devida a sítios de para novas infecções disponíveis (VALE et al., 2004). Contudo, na área avaliada, o que pareceu limitar a disseminação da doença foi o microclima devido à elevação do terreno. Tal resultado é suportado pelos trabalhos de AUER & KRUGNER (1997) e SOUZA (2007), onde um dos fatores que influenciaram na dispersão do cancro basal foram condições climáticas.

Na Tabela 13, observa-se que todos os fatores avaliados (clone, tipo de solo e interação clone X tipo de solo) influenciaram a incidência da doença significativamente.

Os dados da área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD) apresentaram valores diferenciados entre dois tipos de solo, sendo que a maior

incidência foi no solo de textura argilosa, seguido do solo de textura arenosa e solo de textura média (Tabela 14).

Ainda na Tabela 14, considerando-se as AACPDs dos clones avaliados, tem-se, do mais suscetível para o mais resistente, clone 12, 6, 14, 1, 8 e 16. Tal resultado está de acordo com os dados da literatura, pois conforme já foi apresentado acima, as espécies que geraram os clones mais atacados, são as mais suscetíveis ao cancro.

Os dados sugerem que para a área avaliada, o progresso da doença foi influenciado não pela textura do solo e deficiência nutricional, como constatado em outros trabalhos, mas sim pela altitude, que possivelmente favoreceu a formação de um microclima mais úmido na parte mais baixa. Além disso, demonstram que o cancro basal tem característica de doença poliética e necessitará de um tempo maior para apresentar aumento significativo em campo.

Tabela 12: Tabela comparativa de resultados de R^{*2} e somatória de resíduos para auxiliar na escolha do melhor modelo para modelar a epidemia de cancro basal, sendo de cima para baixo, os dados dos solos arenoso, de textura média e argiloso, respectivamente

	MONOMOLECULAR			LOGISTICO			GOMPERTZ			EXPONENCIAL		
CLONE	R^2	R^{*2}	Σ resíduos	R^2	R^{*2}	Σ resíduos	R^2	R^{*2}	Σ resíduos	R^2	R^{*2}	Σ resíduos
1	0,9386	0,9843	1,53E-16	0,9565	0,8411	4,44E-16	0,9524	0,9569	0	0,9575	0,9865	4,44E-16
6	0,8953	0,9759	-6,94E-18	0,8561	0,9890	0	0,8672	0,9927	1,67E-16	0,8547	0,9722	-2,22E-16
8	0,6488	0,9264	2,78E-17	0,5825	0,9732	-2,22E-16	0,6104	0,9790	4,44E-16	0,5758	0,9114	1,55E-15
12	0,8557	0,9678	2,26E-17	0,7434	0,9946	1,11E-16	0,7690	0,9901	5,55E-17	0,7412	0,9609	-1,11E-15
14	0,7182	0,9335	0	0,8168	0,9792	-5,55E-16	0,8063	0,9824	-1,11E-16	0,8172	0,9359	0
16	0,7989	0,9570	-8,33E-17	0,7369	0,9809	2,22E-16	0,7531	0,8453	-5,55E-16	0,7343	0,9450	-1,11E-15

	MONOMOLECULAR			LOGISTICO			GOMPERTZ			EXPONENCIAL		
CLONE	R^2	R^{*2}	Σ resíduos	R^2	R^{*2}	Σ resíduos	R^2	R^{*2}	Σ resíduos	R^2	R^{*2}	Σ resíduos
1	0,8353	0,9609	-2,08E-17	0,8416	0,8928	-4,44E-16	0,8404	0,9564	3,33E-16	0,8418	0,9598	2,22E-16
6	0,8497	0,9641	-4,16E-17	0,8559	0,8960	-2,22E-16	0,8548	0,9575	-1,67E-16	0,8560	0,9636	-4,44E-16
8	0,8416	0,9612	2,95E-17	0,7893	0,8956	-1,11E-16	0,8034	0,5375	-1,46E-16	0,7880	0,9617	0
12	0,9147	0,9802	1,39E-17	0,8651	0,9967	-2,22E-16	0,8835	0,9940	3,89E-16	0,8627	0,9771	-1,11E-15
14	0,9038	0,9724	-5,20E-17	0,9673	0,9965	-4,44E-16	0,9627	0,9936	1,11E-16	0,9669	0,9827	-2,22E-16
16	0,7699	0,9529	4,16E-17	0,7214	0,9919	-2,22E-16	0,7365	0,9851	-5,55E-17	0,7176	0,9355	-4,44E-16

	MONOMOLECULAR			LOGISTICO			GOMPERTZ			EXPONENCIAL		
CLONE	R^2	R^{*2}	Σ resíduos	R^2	R^{*2}	Σ resíduos	R^2	R^{*2}	Σ resíduos	R^2	R^{*2}	Σ resíduos
1	0,7637	0,9415	-4,16E-17	0,8788	0,9804	2,22E-16	0,8476	0,9851	-3,33E-16	0,8857	0,9509	-2,22E-16
6	0,8637	0,9696	4,86E-17	0,8233	0,9606	2,22E-16	0,8348	0,9900	1,11E-16	0,8217	0,9634	4,44E-16
8	0,8446	0,9668	9,71E-17	0,8336	0,9827	7,77E-16	0,8375	0,9896	-1,67E-16	0,8322	0,9570	2,22E-16
12	0,7031	0,9304	1,04E-17	0,7893	0,9783	-4,44E-16	0,7725	0,9817	-4,44E-16	0,7905	0,9327	8,88E-16
14	0,9515	0,9898	4,16E-17	0,9366	0,9935	5,55E-16	0,9424	0,9868	2,22E-16	0,9347	0,9852	0
16	0,8976	0,9767	9,71E-17	0,9019	0,9868	9,99E-16	0,9012	0,9357	-6,11E-16	0,9013	0,9706	1,11E-15

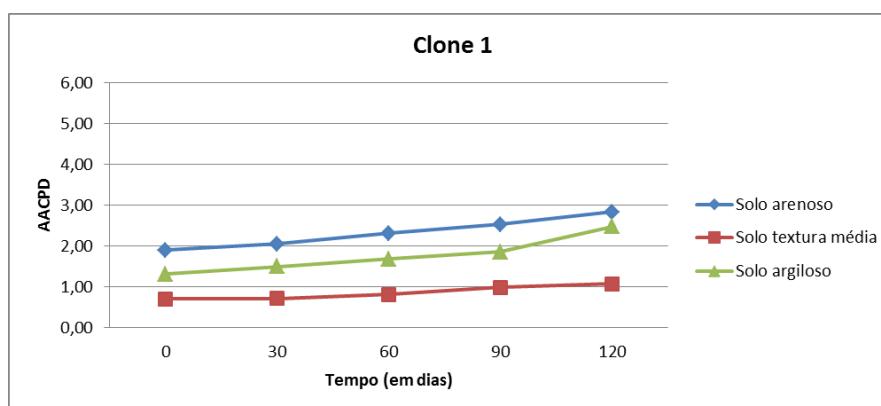


Gráfico 7: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 1 nos três tipos de solo avaliados

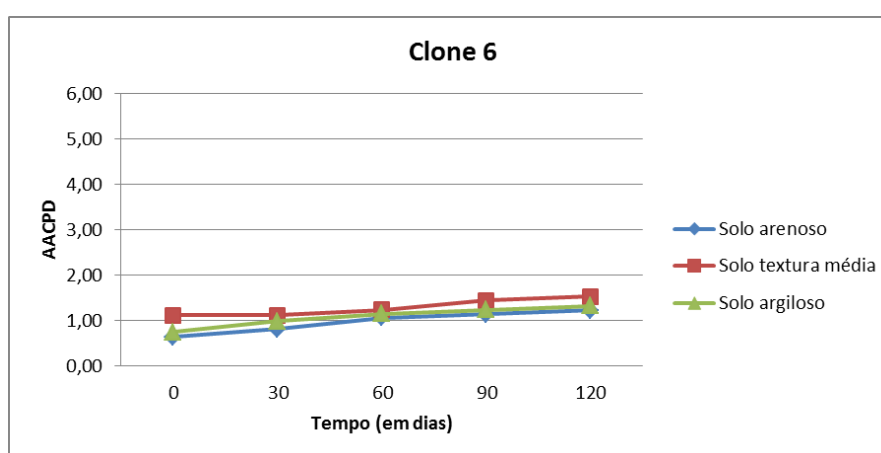


Gráfico 8: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 6 nos três tipos de solo avaliados

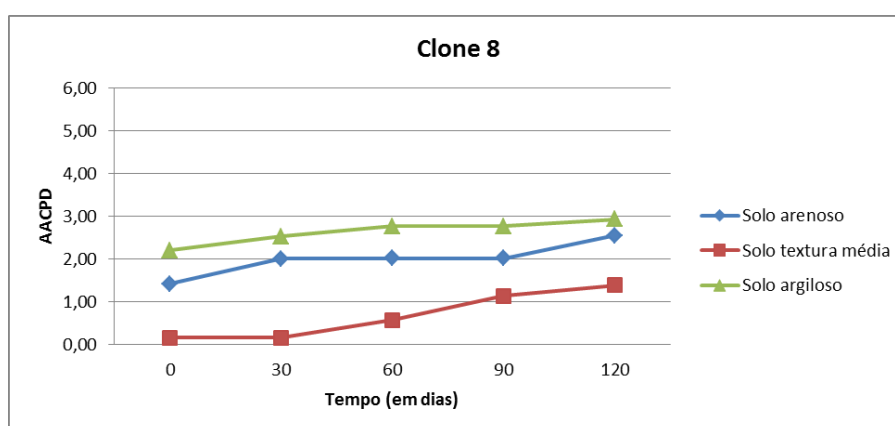


Gráfico 9: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 8 nos três tipos de solo avaliados

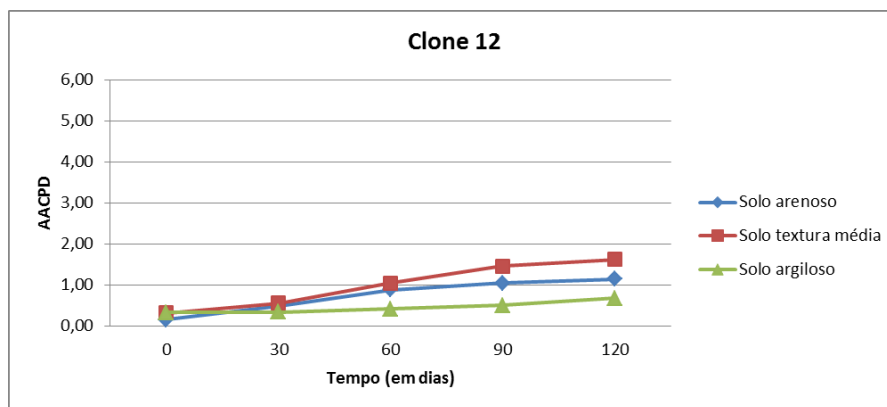


Gráfico 10: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 12 nos três tipos de solo avaliados

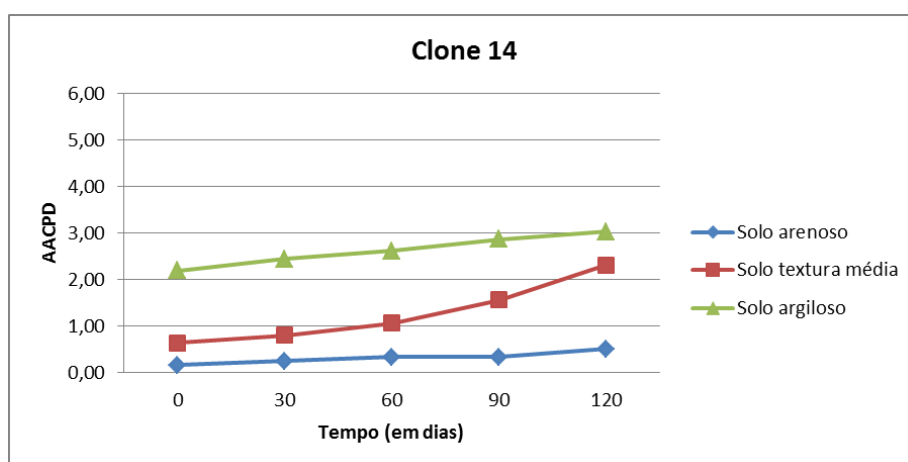


Gráfico 11: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 14 nos três tipos de solo avaliados

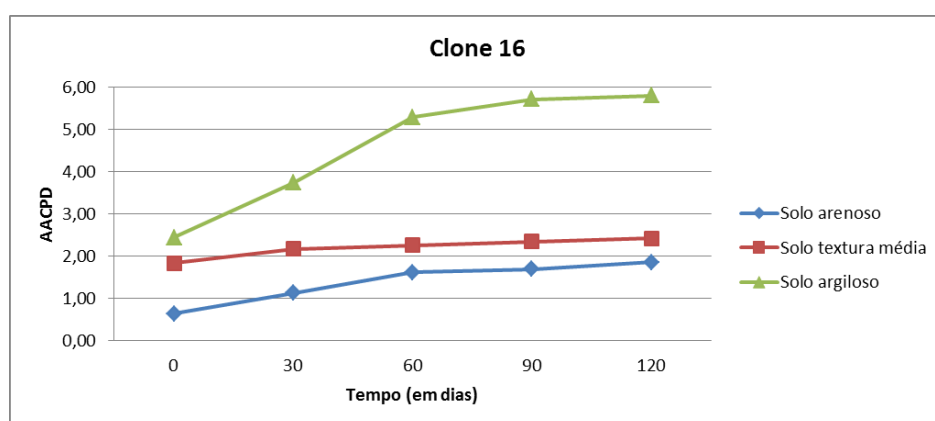


Gráfico 12: Áreas abaixo da curva de progresso da doença para o clone 16 nos três tipos de solo avaliados

Tabela 13: Análise de variância das áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPDs) dos seis clones avaliados

FV	GL	SQ	QM	F
Clone	5	34,7242	6,9448	27,1984 **
Tipo de solo	2	17,7509	8,8754	34,7596 **
Clone x Tipo de solo	10	39,9659	3,9965	15,6517 **
Resíduo	72	18,3845	0,2553	
Total	89	110,8246		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

Tabela 14: Médias das áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPDs) dos clones avaliados (à esquerda) e das repetições avaliadas (à direita)

Média dos clones			Média das repetições		
Clone 1	1,64745	bc	Solo arenoso	1,29133	b
Clone 6	1,11645	cd	Solo de textura média	1,21920	b
Clone 8	1,77559	b	Solo argiloso	2,19529	a
Clone 12	0,73691	d			
Clone 14	1,40741	bc			
Clone 16	2,72781	a			

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 15: Médias da interação clone x tipo de solo para as áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPDs)

Tratamento	Repetição		
	Arenoso	Textura média	Argiloso
Clone 1	2,3239 aA	0,8585 bB	1,7600 bcA
Clone 6	0,9741 cdA	1,2873 abA	1,0879 cdA
Clone 8	2,0022 abA	0,6832 bB	2,6413 bA
Clone 12	0,7446 cdA	1,0067 bA	0,4595 dA
Clone 14	0,3171 dC	1,2760 abB	2,6292 bA
Clone 16	1,3860 bcC	2,2035 aB	4,5938 aA

CV(%): 32,2

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

4.4. QUANTIFICAÇÃO DE DANOS E PERDAS

A quantificação de danos foi possível após a realização do inventário florestal e o ajuste de equações de volume, baseadas nas relações hipsométricas (DAP x Altura).

Os dados apresentados referem-se ao volume individual de árvores e também de volume por hectare (m^3/ha) produzido por árvores sadias e doentes.

Observou-se durante o processo de inventário que a casca das árvores com cancro estava mais aderida à madeira e que as árvores doentes, em sua maioria, apresentaram tortuosidade no fuste (menor fator de forma).

O modelo de regressão linear simples para a estimativa de danos do cancro basal possibilitou o ajuste dos dados relacionando-se tamanho de DAP e severidade da doença para os clones 01, 14 e 16, sendo essa relação ajustada respectivamente pelas expressões $Y = 0,489846 - 0,02441x$ ($R^{2*} = 0,45$); $Y = 25,12904 - 1,66352x$ ($R^{2*} = 0,94$); $Y = 7,879647 - 0,38957x$ ($R^{2*} = 0,62$). Os parâmetros de regressão obtidos para a relação DAP x Severidade estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16: Parâmetros de regressão obtidos para a severidade de cancro em função do DAP dos clone 1, 14 e 16

CLONE 1	Erro padrão			p-value	
	a	b	R^{2*}	a	b
	0,489846	-0,02441	0,45	0,08906	0,005954
CLONE 14	Erro padrão			p-value	
	a	b	R^{2*}	a	b
	25,12904	-1,66352	0,94	2,325793	0,189406
CLONE 16	Erro padrão			p-value	
	a	b	R^{2*}	a	b
	7,879647	-0,38957	0,62	1,151214	0,080168

Na Tabela 17 estão apresentados os parâmetros de regressão obtidos para a relação severidade da doença em função do volume com casca e sem casca. Nesse caso, o modelo de regressão linear também proporcionou um bom ajuste, sendo essa relação ajustada de acordo com as seguintes expressões:

a) Volume com casca

- a. Clone 1: $Y = -0,21394 + 0,027004x$ ($R^{2*} = 0,94$)
- b. Clone 14: $Y = 0,179063 - 0,01019x$ ($R^{2*} = 0,83$)
- c. Clone 16: $Y = 0,201699 - 0,0347x$ ($R^{2*} = 0,68$)

b) Volume sem casca

- a. Clone 1: $Y = -0,19345 + 0,024404x$ ($R^{2*} = 0,94$)
- b. Clone 14: $Y = 0,157998 - 0,00899x$ ($R^{2*} = 0,84$)
- c. Clone 16: $Y = 0,179768 - 0,03087x$ ($R^{2*} = 0,68$)

Para os clones restantes, o ajuste não ocorreu de maneira satisfatória, pois os mesmos apresentaram menores incidências, além de áreas lesionadas menores, fato que influencia diretamente nos parâmetros severidade e volume. Nos Gráficos 13 a 15 está ilustrada a perda de DAP em função do aumento da severidade e nos Gráficos 16 a 18, a perda de volume, tanto do fuste com casca, como sem casca, em função do aumento da severidade da doença. Na Tabela 18 estão apresentados os valores máximo, mínimo e médio em porcentagem de área lesionada. Pode-se observar que ocorre dano desde tamanhos pequenos de lesão. A porcentagem de área lesionada variou de 0,13 a 5,33% na média.

Tabela 17: Parâmetros de regressão obtidos para os volumes com e sem casca em função da severidade dos clone 1, 14 e 16

CLONE 1	Erro padrão				p-value			
	a	b	R ^{2*}	a	b	a	b	
	Volume com casca	-0,21394	0,027004	0,94	0,022385	0,001496	1,78E-08	5,64E-13
Volume sem casca	-0,19345	0,024404	0,94	0,020203	0,001351	1,73E-08	5,51E-13	
CLONE 14	Erro padrão				p-value			
	a	b	R ^{2*}	a	b	a	b	
	Volume com casca	0,179063	-0,0101	0,83	0,014753	0,001987	0,000264	0,006847
Volume sem casca	0,157998	-0,00899	0,84	0,013008	0,001752	0,000264	0,006829	
CLONE 16	Erro padrão				p-value			
	a	b	R ^{2*}	a	b	a	b	
	Volume com casca	0,201699	-0,0347	0,69	0,017057	0,006207	2,49E-08	8,76E-05
Volume sem casca	0,179762	-0,03087	0,69	0,015246	0,005548	2,58E-08	9,16E-05	

Nas tabelas 19 e 20 estão apresentados os dados referentes ao volume de árvore individual com casca, onde não houve diferença significativa tanto para a repetição, quanto para a análise do clone.

Nas tabelas 20 e 21 estão apresentados os dados referentes ao volume de árvore individual sem casca, onde não houve diferença significativa para a produção volumétrica individual para as três repetições. Porém, quando se observa os dados referentes ao material genético, verifica-se que os clones 6, 14 e 16 quando atacados por *C. cubensis* diminuem significativamente o volume do indivíduo.

Observando-se as tabelas 23 e 24 (produtividade de árvores com casca) e as tabelas 25 e 26 (produtividade de árvores sem casca), onde estão os dados de produtividade, expressos em m³/ha, nota-se que não existe diferença significativa para o fator clone. Porém quando analisada a produtividade como um todo, tanto para árvores

com casca, quanto para sem casca, nota-se queda para ambos os casos, sendo ligeiramente maior para o primeiro.

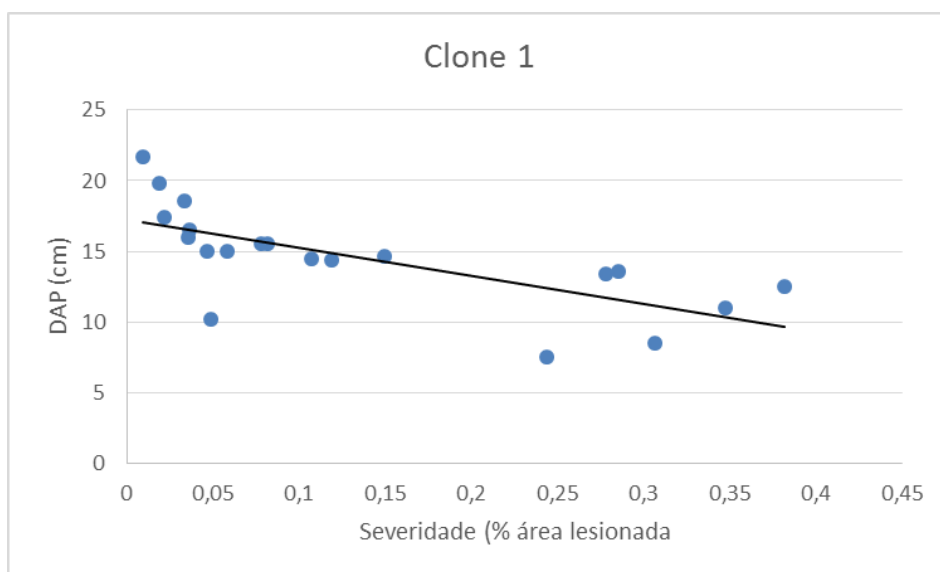


Gráfico 13: Severidade de cancro basal x DAP para o clone 01

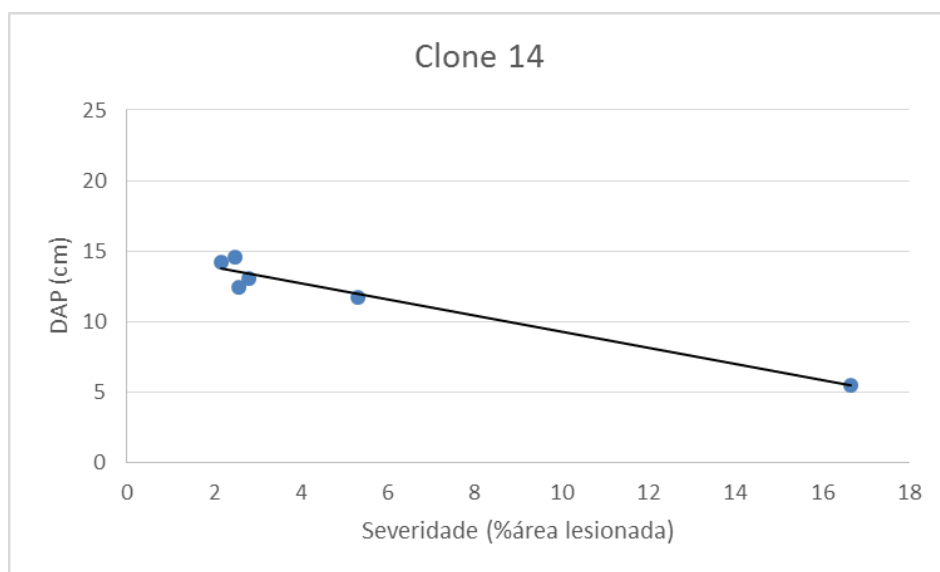


Gráfico 14: Severidade de cancro basal x DAP para o clone 14

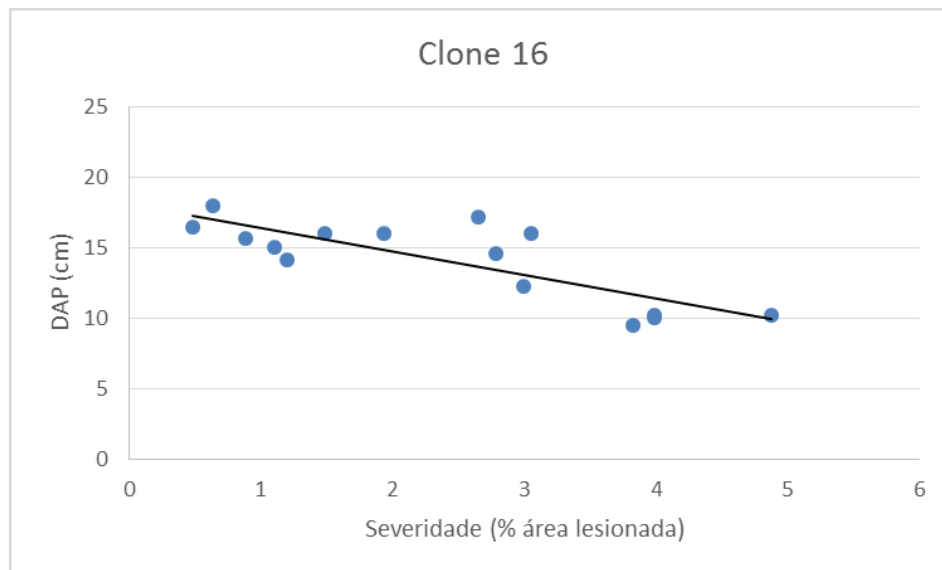


Gráfico 15: Severidade de cancro basal x DAP para o clone 16

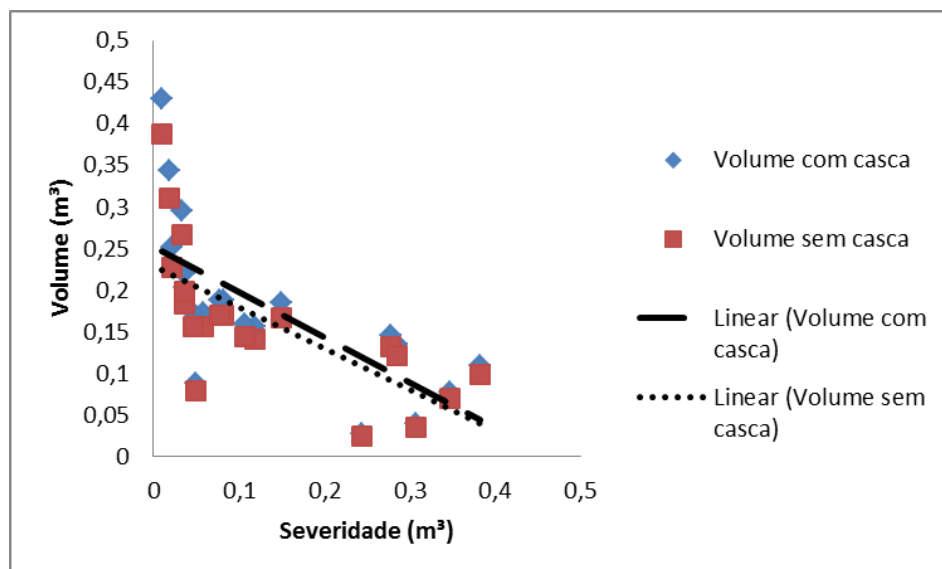


Gráfico 16: Redução de volume em função da severidade para o clone 01

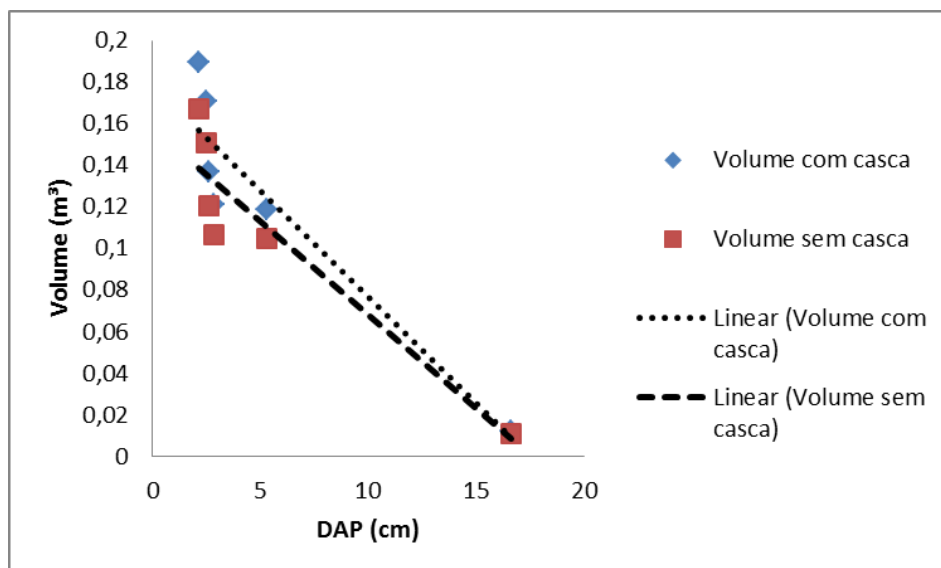


Gráfico 17: Redução de volume em função da severidade para o clone 14

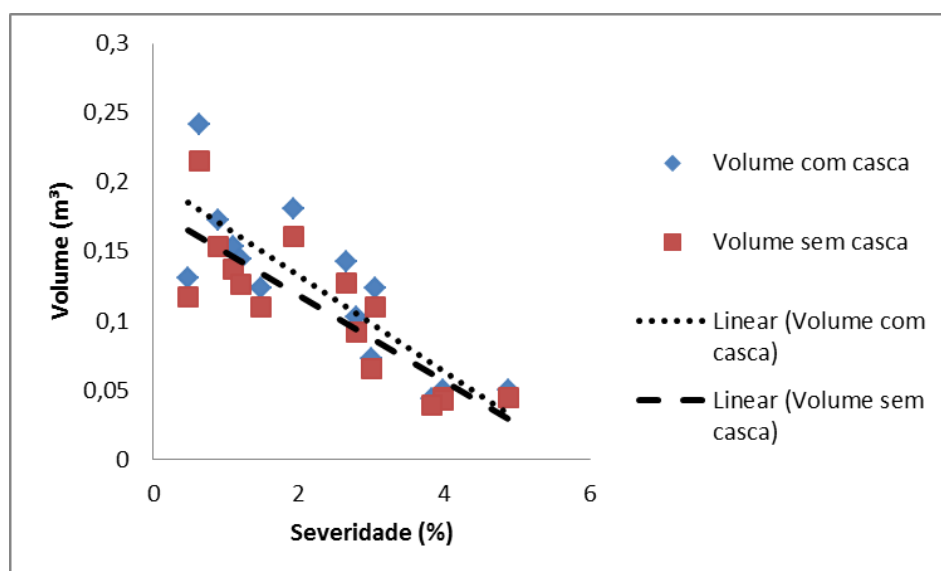


Gráfico 18: Redução de volume em função da severidade para o clone 16

Tabela 18: Porcentagens máxima, mínima e média de área lesionada encontradas para os clones 1, 14 e 16

% área lesionada	Clone 1	Clone 14	Clone 16
Máximo	0,38	16,65	4,87
Mínimo	0,01	2,16	0,48
Médio	0,13	5,33	2,39

Tabela 19: Análise de variância do volume de árvore individual com casca

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tipo de solo	2	0,01098	0,00549	0,8628	0,4358 ns
Clone	11	0,1174	0,01067	1,6781	0,1451 ns
Erro	22	0,13992	0,00636		
Total	35	0,2683			
CV(%)	20,52				

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$)

Tabela 20: Média de volume de árvore individual por repetição e média por clone

MÉDIA DA REPETIÇÃO			MÉDIAS POR CLONE		
Solo arenoso	0,37852	A	Clone 1 sadio	0,43414	A
Solo textura média	0,37403	A	Clone 6 sadio	0,43051	A
Solo arenoso	0,41311	A	Clone 8 sadio	0,40889	A
			Clone 12 sadio	0,31181	A
			Clone 14 sadio	0,40419	A
			Clone 16 sadio	0,40354	A
			Clone 1 doente	0,42632	A
			Clone 6 doente	0,41831	A
			Clone 8 doente	0,42273	A
			Clone 12 doente	0,23438	A
			Clone 14 doente	0,40872	A
			Clone 16 doente	0,35909	A

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 21: Análise de variância do volume de árvore individual sem casca

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tipo de solo	2	0,00313	0,00157	1,3479	0,2804 ns
Clone	11	0,02892	0,00263	2,2628	0,0496 *
Erro	22	0,02556	0,00116		
Total	35	0,05762			
CV(%)	24,22				

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$)

Tabela 22: Média de volume de árvore individual por repetição e média por clone

MÉDIA DA REPETIÇÃO			MÉDIAS POR CLONE		
Solo arenoso	0,13897	A	Clone 1 sadio	0,16899	A
Solo textura média	0,13031	A	Clone 6 sadio	0,14946	A
Solo argiloso	0,15295	A	Clone 8 sadio	0,14701	A
			Clone 12 sadio	0,16174	A
			Clone 14 sadio	0,15911	A
			Clone 16 sadio	0,14825	A
			Clone 1 doente	0,16608	A
			Clone 6 doente	0,09845	B
			Clone 8 doente	0,14533	A
			Clone 12 doente	0,15614	A
			Clone 14 doente	0,07337	B
			Clone 16 doente	0,11496	B

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 23: Análise de variância da produtividade em m³/ha considerando-se árvores com casca sadias x doentes

FV	GL	SQ	QM	F	P
Clone	5	40064,8	8012,96	1,7835	0,1544 ns
Com casca (sadia x doente)	1	26176,54	26176,54	5,8262	0,0237 *
Int. clone x Planta SxD	5	29554,24	5910,85	1,3156	0,2909 ns
Tratamentos	11	95795,59	8708,7	1,9383	0,0849 ns
Erro	24	107829,67	4492,9		
Total	35	203625,26			
CV(%)	25,41				

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p <0,05)

Tabela 24: Média de produtividade em m³/ha por clone e de árvores sadias x doentes com casca

Médias de clone			Médias de plantas sadias x doentes		
1	312,28	a	1	290,72	a
2	265,43	a	2	236,79	b
3	272,19	a			
4	297,08	a			
5	218,32	a			
6	247,21	a			

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 25: Análise de variância da produtividade em m³/ha considerando-se árvores sem casca sadias x doentes

FV	GL	SQ	QM	F	P
Clone	5	34041,21	6808,25	2,0515	0,1072 ns
Sem casca (sadia x doente)	1	22543,02	22543,02	6,7928	0,0154 *
Int. clone x Planta SxD	5	23690,84	4738,17	1,4277	0,2503 ns
Tratamentos	11	80275,07	7297,74	2,199	0,0517 ns
Erro	24	79648,24	3318,68		
Total	35	159923,31			
CV(%)	20,43				

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p < 0,05)

Tabela 26: Média de produtividade em m³/ha por clone e de árvores sadias x doentes sem casca

Médias de clone			Médias de plantas sadias x doentes		
1	279,12	a	1	259,50	a
2	206,51	a	2	209,45	b
3	243,52	a			
4	264,80	a			
5	193,66	a			
6	219,26	a			

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

De acordo com a Tabela 26, as plantas sadias apresentaram 38% a mais de produtividade do que as plantas doentes, evidenciando que a doença acarreta em perda volumétrica. Consequentemente, ocorrerá redução de produção no final da cadeia, sendo necessária uma área de plantio maior para suprir a demanda da madeira que foi perdida. Ressalva deve ser feita para o percentual de perda do clone 6 na repetição 8, pois foi encontrada somente uma árvore doente para avaliação.

Diversos autores demonstraram a redução na produtividade devido à ocorrência do cancro basal. FERRARI et al. (1984), verificaram que o volume de madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade foi reduzido em um range de 5,86% e 20,96%, nas classes de severidade de cancro basal 2 e 3 respectivamente. SOUZA (2007), constatou em seu trabalho uma perda volumétrica da ordem de 10 até 50%, para as classes 1 e 3 de cancro basal, respectivamente.

Outros patossistemas foram estudados evidenciando-se os danos à produtividade do eucalipto em função do ataque de patógenos. FERNANDES (2012) relatou danos à produtividade da ordem de 20% em plantios atacados pelo fungo *Ceratocystis fimbriata*. Para a ferrugem do eucalipto, causada pelo fungo *Puccinia psidii*,

há uma diminuição de produtividade entre 23,53 a 27,08% em plantios de 19 meses em níveis de severidade classe III (MASSON, 2009).

Evidencia-se também pela tabela 27, a perda que o cancro basal pode causar por sua ocorrência. Considerando-se que para o Estado de São Paulo, local onde está implantada a área de estudo, a madeira é vendida a R\$ 50,00/m³, a perda atingiu o valor de R\$ 5.300,00 por hectare, considerando-se o dano máximo (38,75%). Nesse valor, considera-se apenas a diminuição volumétrica, excluindo-se a necessidade de reposição do volume perdido, seja através de replantação da floresta e/ou compra de madeira externamente, além de operações silviculturais e de colheita.

Tabela 27: Quantificação do dano e da perda de produtividade, em m³/ha

		%DANO (m ³ /ha)		DIFERENÇA DE PRODUTIVIDADE (m ³ /ha)		PERDA (R\$/ha)	
	CLONE	COM CASCA	SEM CASCA	COM CASCA	SEM CASCA	COM CASCA	SEM CASCA
REPETIÇÃO 3	1	4,66	2,48	15,18	7,15	R\$ 759	R\$ 357
	6	-	-	-	-	-	-
	8	4,09	3,94	10,24	8,83	R\$ 512	R\$ 442
	12	4,40	3,16	13,33	8,48	R\$ 666	R\$ 425
	14	-	-	-	-	-	-
	16	11,7	12,13	31,72	29,06	R\$ 1.586	R\$ 1.453
REPETIÇÃO 8	1	1,34	0,88	3,63	2,13	R\$ 181	R\$ 106
	6	90,18	90,8	282,38	252,08	R\$ 14.119	R\$ 12.604
	8	0,78	0,72	2,14	1,77	R\$ 107	R\$ 89
	12	-	-	-	-	-	-
	14	38,85	38,75	107,09	94,15	R\$ 5.354	R\$ 4.708
	16	29,51	29,55	75,27	67,31	R\$ 3.763	R\$ 3.366
REPETIÇÃO 10	1	-	1,67	-	5,24	-	R\$ 262
	6	26,76	27,14	70,13	63,54	R\$ 3.506	R\$ 3.177
	8	-	-	0	0	-	-
	12	27,24	28,6	90,75	85,38	R\$ 4.537	R\$ 4.269
	14	24,74	25,34	81,23	73,95	R\$ 4.061	R\$ 3.698
	16	26,59	25,59	82,45	70,00	R\$ 4.123	R\$ 3.500

4.5. Acúmulo de biomassa

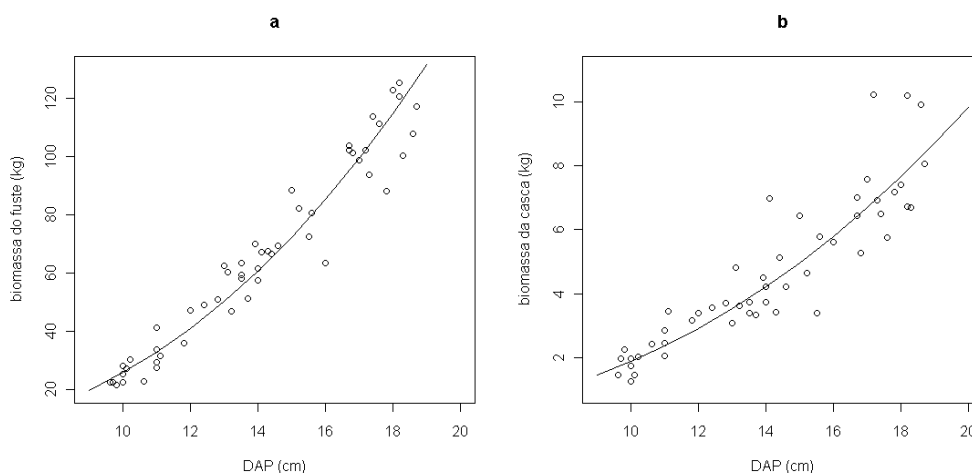
Quanto à estimativa de biomassa dos quatro componentes analisados (Tabela 28), verificou-se um bom ajuste (R^2 ajustado), principalmente para fuste de árvores sadias e fuste de árvores com cancro. Uma maior precisão foi obtida para a equação de biomassa de fuste de árvores sadias, refletida pelo erro padrão de estimativa (syx) e erro padrão de estimativa em percentagem (syx%) em relação a variável $\ln P$, bem como pela percentagem média de desvios (PMD), em que se considerou a retro transformação do logaritmo de biomassa em biomassa. A precisão da equação que estimou a biomassa do fuste de árvores com cancro foi menor como decorrência do menor número de árvores amostradas, que foi condizente com a proporção de ocorrência sadias

e doentes, bem como em função da limitação de se derrubar árvores para se quantificar a biomassa em área de um experimento. Os resíduos das quatro equações apresentaram distribuição normal, o que foi constatado pelo teste de Shapiro-Wilk, em que o p-valor foi maior do que 0,05.

Tabela 28: Estatísticas relacionadas ao ajuste das equações de biomassa de árvores amostradas na área experimental

Componente	b_0	b_1	R^2_{ajust}	syx	syx %	PMD	Shapiro-Wilk	
							W	p-valor
Fuste de árvores sadias	-2,56463	2,52862	0,9508	0,1210	2,98	9,74	0,9763	0,3835
Casca de árvores sadias	-4,81220	2,36910	0,8686	0,1935	13,90	15,11	0,9907	0,9546
Fuste de árvores com cancro	-3,74970	2,95720	0,9688	0,1345	3,31	11,01	0,9169	0,1502
Casca de árvores com cancro	-4,81230	2,36690	0,8908	0,2094	14,36	16,17	0,9491	0,4761

Para os componentes avaliados, as curvas de biomassa em função da variação do diâmetro à altura do peito apresentaram um comportamento típico de exponencial positiva (Figura 9). As comparações feitas através das linhas de regressão indicaram que não houve variação de biomassa do fuste e da casca de árvores sadias e com cancro (Figuras 10 e 11).



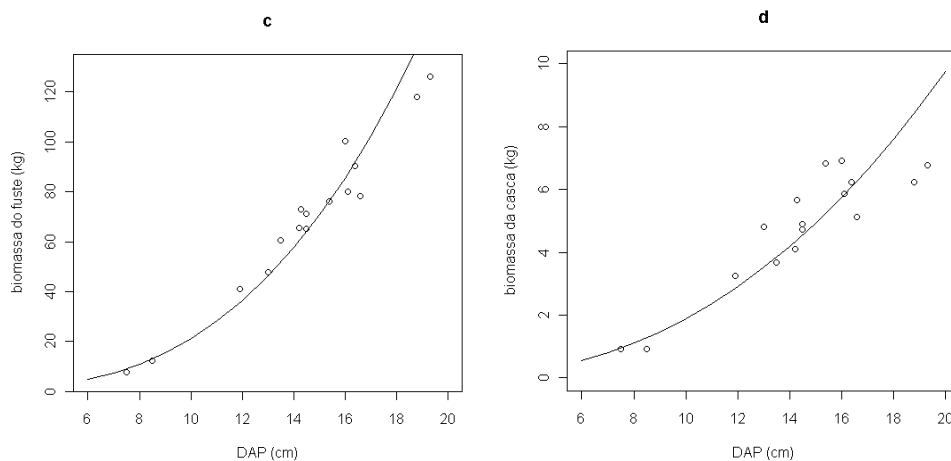


Figura 9: Distribuição dos pontos e linha de regressão na relação entre o diâmetro à altura do peito (DAP) e a biomassa, para: a. fuste de árvores sadias; b. casca de árvores sadias; c. fuste de árvores com cancro; d. casca de árvores com cancro

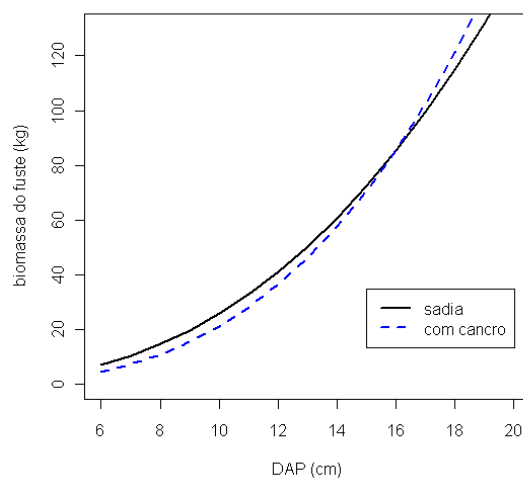


Figura 10: Comparação através das linhas de regressão da variação de biomassa do fuste de árvores sadias e com cancro

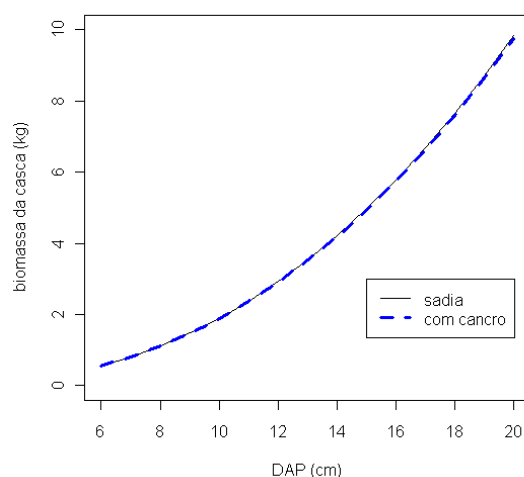


Figura 11: Comparação através das linhas de regressão da variação de biomassa da casca de árvores sadias e com cancro

Dentre os parâmetros avaliados dentro do fator acúmulo de biomassa, somente a densidade básica de tronco e casca possuem diferença estatística significativa, como apresentado nas tabelas 29 a 32. Nelas estão os dados de análise de variância da densidade básica do tronco e das médias encontradas, respectivamente, tem-se da menor para a maior densidade: clone 1; clone 16; clone 12; clone 6 e clone 8. Os dados da análise de variância da densidade básica da casca e das médias encontradas estão apresentados nas Tabelas 29 e 30 respectivamente, sendo da menor para maior: clone 6; clone 8; clone 16; clone 12 e clone 1.

A densidade básica é o principal parâmetro para se caracterizar as propriedades físicas e mecânicas de uma madeira. Ela é um indicativo de sua qualidade e para qual finalidade ela poderá ser usada. Ela também está diretamente relacionada com a idade, sendo que árvores mais velhas apresentam maior densidade básica devido ao espessamento da parede das fibras, aumento do comprimento da fibra e a deposição de extrativos (FOELKEL, 1974).

Árvores de *E. grandis* aos três anos de idade apresentaram densidade variando de 0,304 g/cm³ a 0,562 g/cm³, não havendo influência de extrativos nesse valor (BRASIL, 1979). A caracterização de dez clones de *Eucalyptus* plantados no Brasil para produção de celulose apresentou densidade básica variando de 465 a 490 kg/m³. Em 40% das madeiras a densidade básica foi acima de 500kg/m³. Tais materiais são destinados à produção de celulose, mostrando que a prioridade de seleção de clones

quanto à densidade para essa finalidade está em torno de 500 kg/m³, com tendência para densidades ligeiramente inferiores (GOMIDE et al., 2005).

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 do material, condições locais de clima, solo, sistema de implantação/condução da floresta, idade e ritmo de crescimento (BARRICHELO et al., 1983).

As densidades básicas da madeira apresentadas pelos clones estudados variaram de 401 a 465 kg/m³, sendo que os menores valores estão associados aos materiais que apresentaram maior suscetibilidade à doença. Além disso, não houve diferença estatisticamente significativa quando os valores de densidade obtidos são comparados de acordo com o sítio de alocação da repetição. Tais resultados diferem dos encontrados por SOUZA (2007) em seu trabalho, no qual árvores doentes apresentaram densidade básica maior em relação às árvores sadias e onde o tipo de solo foi o diferencial para o aumento da densidade básica da madeira.

Os dados obtidos para a densidade básica de casca diferiram estatisticamente quando comparados os clones avaliados, não havendo relação com o local de alocação da repetição. A casca tem por função a proteção da árvore contra agentes externos, sejam bióticos ou abióticos e é formada por células mortas. A maior densidade básica de casca pode estar relacionada ao material que originou o clone e também como reação da planta ao ataque de um agente externo. Os clones que se apresentaram mais suscetíveis são os que também apresentam maior densidade de casca, podendo essa ser uma reação defesa para que a infecção cesse.

Tabela 29: Análise de variância da densidade básica de fuste

FV	GL	SQ	QM	F	P
Clone	4	0.00798	0.00200	4.7126	0.0115*
Local	2	0.00086	0.00043	1.0157	0.3857 ns
ClonexLocal	8	0.00184	0.00023	0.5433	0.8066 ns
Tratamentos	14	0.01068	0.00076	1.8020	0.1349 ns
Resíduo	15	0.00635	0.00042		
Total	29	0.01703			
CV(%)	8,13				

Onde:

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

Tabela 30: Médias de densidade básica de fuste à esquerda apresentada por clone à esquerda e à direita apresentada por repetição

Clone 1	0.40167 b	Repetição 3	0.45900 a
Clone 6	0.46500 a	Repetição 8	0.44300 a
Clone 8	0.46500 a	Repetição 10	0.42700 a
Clone 12	0.44833 a		
Clone 16	0.43500 a		

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente. Foi aplicado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 31: Análise de variância da densidade básica de casca

FV	GL	SQ	QM	F	P
Clone	4	0.00798	0.00200	4.7126	0.0115 *
Local	2	0.00086	0.00043	1.0157	0.0306 ns
Clone x Local	8	0.00184	0.00023	0.5433	0.8066 ns
Tratamentos	14	0.01068	0.00076	1.8020	0.1349 ns
Resíduo	15	0.00635	0.00042		
Total	29	0.01703			
CV(%)	8,13				

Onde:

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

Tabela 32: Médias de densidade básica de casca à esquerda apresentada por clone à esquerda e à direita apresentada por repetição

Clone 1	0.27500 a	Solo arenoso	0.25200 a
Clone 6	0.23000 b	Textura média	0.24700 a
Clone 8	0.24167 b	Solo argiloso	0.26000 a
Clone 12	0.26667 a		
Clone 16	0.25167 b		

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente. Foi aplicado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

4.6. Fator de forma

Os dados obtidos para o fator de forma para árvores sadias e doentes estão apresentados nas tabelas 33 e 34 e as análises de variância e teste de médias nas tabelas 35, 36, 37 e 38, respectivamente. O fator de forma mostra o quão reto é o fuste da árvore e quanto mais próximo de 1 ele estiver, mais próximo à forma de um cilindro está o fuste da árvore. Para esse parâmetro ocorreu diferença significativa tanto quando

avaliados fustes com casca e sem casca, sendo do material mais tortuoso para o menos a seguinte ordem: clone 16, clone 6, clone 8, clone 1, clone 12 e clone 14. No caso dos fustes sem casca, também houve diferença significativa quanto à repetição onde o material está alocado, sendo que a 8, apresentou os materiais mais tortuosos.

O fator de forma artificial num povoamento depende de fatores genéricos e de fatores mensuráveis. Os fatores genéricos como a espécie, idade do povoamento, qualidade do sítio e densidade do povoamento podem ter certa dificuldade de se determinar e de se comprovar. Já os fatores mensuráveis como diâmetro, altura, tamanho da copa são mais facilmente mensuráveis dentro do povoamento (DRESCHER et al., 2001).

Dentro da área onde está alocada a área do projeto, existem diferenças consideráveis de sítio quanto à altitude e tipo de solo, o que explica a diferença significativa do fator de forma de acordo com o local. Outro ponto que merece destaque é que além de causar quebra nos materiais mais suscetíveis, o cancro pode causar tortuosidade de fuste, fato que pode diminuir o rendimento de diversas operações silviculturais, além do descarte da madeira.

Tabela 33: Fator de forma médio para árvores sadias

	REPETIÇÃO 3		REPETIÇÃO 8		REPETIÇÃO 10	
	COM CASCA	SEM CASCA	COM CASCA	SEM CASCA	COM CASCA	SEM CASCA
CLONE 1	0,47	0,41	0,44	0,39	0,46	0,41
CLONE 6	0,47	0,42	0,43	0,39	0,42	0,37
CLONE 8	0,45	0,40	0,45	0,41	0,46	0,41
CLONE 12	0,47	0,42	0,44	0,40	0,45	0,41
CLONE 14	0,46	0,42	0,50	0,44	0,49	0,43
CLONE 16	0,40	0,35	0,38	0,34	0,38	0,34

Tabela 34: Fator de forma médio para árvores doentes

	REPETIÇÃO 3		REPETIÇÃO 8		REPETIÇÃO 10	
	COM CASCA	SEM CASCA	COM CASCA	SEM CASCA	COM CASCA	SEM CASCA
CLONE 1	0,41	0,37	0,47	0,42	0,48	0,42
CLONE 6	0,41	0,37	0,38	0,31	0,42	0,38
CLONE 8	0,46	0,41	0,37	0,33	0,45	0,39
CLONE 12	0,49	0,43	0,46	0,41	0,46	0,40
CLONE 14	0,52	0,44	0,42	0,37	0,51	0,45
CLONE 16	0,42	0,37	0,38	0,34	0,43	0,39

Tabela 35: Análise de variância do fator de forma de fustes com casca

FV	GL	SQ	QM	F	P
Clone	5	0.02492	0.00498	6.6459	0.0011**
Local	2	0.00181	0.00090	1.2037	0.3231 ns
ClonexLocal	10	0.01056	0.00106	1.4081	0.2532 ns
Tratamentos	17	0.03729	0.00219	2.9246	0.0146 *
Resíduo	18	0.01350	0.00075		
Total	35	0.05079			
CV(%)	6,22				

Onde:

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Tabela 36: Médias do fator de forma de fustes com casca

Clone 1	0.45000 a	Repetição 3	0.25200 a
Clone 6	0.43167 a	Repetição 8	0.24700 a
Clone 8	0.43500 a	Repetição 10	0.26000 a
Clone 12	0.46000 a		
Clone 14	0.47500 a		
Clone 16	0.39167 b		

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente. Foi aplicado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 37: Análise de variância do fator de forma de fustes sem casca

FV	GL	SQ	QM	F	P
Clone	5	0.01635	0.00327	4.0171	0.0126 *
Solo	2	0.00684	0.00342	4.4393	4.2014 *
Clone x Solo	10	0.00746	0.00075	1.0072	0.9167 ns
Tratamentos	17	0.03065	0.00180	2.2150	0.0516 *
Resíduo	18	0.01465	0.00081		
Total	35	0.04530			
CV(%)	7,23				

Onde:

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Tabela 38: Médias do fator de forma de fustes sem casca

Clone 1	0.40333 a	Solo arenoso	0.40833 a
Clone 6	0.38833 b	Textura média	0.37583 b
Clone 8	0.39167 b	Solo argiloso	0.40000 a
Clone 12	0.40500 a		
Clone 14	0.42500 a		
Clone 16	0.35500 b		

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente. Foi aplicado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados expostos, pode-se concluir que:

- a) O cancro basal causado por *Chrysoporthe cubensis* possui dispersão lenta e tem tendência a apresentar o padrão de distribuição agregado ao longo do tempo;
- b) Ocorreu perda em volume de madeira, quando comparadas árvores sadias e doentes, além dos clones mais suscetíveis apresentarem maior acúmulo de casca;
- c) Clones mais suscetíveis apresentaram menor densidade básica de madeira e maior densidade básica de casca;
- d) Não houve diferença significativa na quantidade de carbono fixada no fuste de árvores sadias e doentes, podendo-se inferir que a doença não tem interferência nesse parâmetro.
- e) Além da quebra, a doença pode ocasionar tortuosidade de fuste, característica não desejável para madeiras comerciais, pois dificulta operações silviculturais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3910>>. Acesso em 15 Março 2015.

ALFENAS, A.C. et al. **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, n.34, p.65-73, jan./jun. 1997.

BARRETO, R.W. et al. First Record of natural infection of *Malierea edulis* by the eucalyptus canker fungus *Chrysosporthe cubensis*. New disease Reports. **Plant Pathology**, 55 (4), p.577-577, 2006.

BARRICHELLO, L.E.G. et al. Densidade básica e características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3., **Anais**....112-125, 198

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: KIMATI, H.; AMORIM, L, REZENDE, J.A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceito**. São Paulo: Ceres, v.1, 3ed., 1995.

BERGAMIN Fº, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. Agronômica Ceres, São Paulo, 1996, 289p.

BERGAMIN FILHO et al. Análise espacial de epidemias. **RAPP**. 10: 218- 230, 2002.

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.

BOERBOOM, J.H.A. et al. Canker of *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* in Suriname caused by *Endothia havanensis*. **Turrialba** n.20, p. 90-94, 1970.

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

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer**. Rome: FAO, 1997. 55 p.

BROWNING, B.L. **The chemistry of wood**. London: Interscience Publishers, 1963. 699p

BRUNER, S.C. Una enfermedad gangrenosa de los eucaliptos. Estacion Experimental Agronomica: Santiago de Las Vegas, Cuba. **Boletín** n. 37, p. 1-38, 1917.

CABACINHA, C. D. **Um método para a realização do inventário florestal suprimindo a cubagem rigorosa**. 2003. 166p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

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

CAMPOS, M. A. A. **Balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*. Avaliação na safra e na safrinha**. 1991. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. Viçosa. Editora UFV. 2013. 605p.

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

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.

DRESCHER, R. et al . Fator de forma artificial de *Pinus elliotti* Engelm para a região da Serra do Sudeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.31, n.1, 2001.

ECOAR – Instituto Ecoar para Cidadania. **Efeito estufa**. São Paulo, 5p. 2003.

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

FERNANDES, B. V. **Dinâmica espaço-temporal e quantificação dos danos e perdas da murcha de *Ceratocystis* em eucalipto na produção de carvão vegetal**. 2012. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

FERRARI, M.P. et al. 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. **Patologia Florestal. Principais Doenças Florestais no Brasil**. Viçosa, MG, Sociedade de Investigações Florestais, 1989.

FERREIRA, F. A Portas de entrada para *Cryphonectria cubensis* em troncos de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p. 513-519, 2001.

FERREIRA, A.F. et al. Avaliação de resistência de clones de Eucalipto às infecções naturais de *Cryphonectria cubensis*, com nova metodologia. **Árvore**, Viçosa –MG, v.28, n.2, p.313-316, 2004.

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 et al. – Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* afetados por cancro. In: CONGRESSO ANUAL ABPC, 9, São Paulo, 16-20 agosto 1976. São Paulo, ABCP, 1976. II p. 113-24

FRANCO, E.J. **Estudo dos métodos estimativos de volume, biomassa e níveis de produtividade para *Eucalyptus camaldulensis***. 1996. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

GIBSON, I.A.S. A canker disease of *Eucalyptus* new to Africa. **FAO, Forest general Research Information**, n.10, p.23-24, 1981.

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

GOMES, A.M.A. **Medição dos arboredos**. Livraria Sá da Costa, Lisboa. 1957. 413p

GOMIDE, J.L et al. Caracterização tecnológica para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, 29 (1): 129-137 2005.

GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L. **Qualidade da Madeira**. In: Biotecnologia Florestal. 2007. cap.2

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. et al. Spatial and temporal analyses of citrus tristeza virus in eastern Spain. **Phytopathology** 86:45-55, 1996.

GRYZENHOUT, M. et al. *Chysoportha*, a new genus to accommodate *Cryphonectria cubensis*. **Stud. Mycol.** N.50, p.119-142, 2004.

HODGES, C. S. et al. Duas enfermidades em plantações de essências florestais exóticas no Brasil. **Brasil Florestal**, n.4, p.5-12, 1973.

HODGES, C.S. et al. O cancro do eucalipto causado por *Diaporthe cubensis*. **Fitopatologia Brasileira**, 1:129-170, 1976.

HODGES, C.S. et al. The occurrence of *Diaporthe cubensis* on eucalyptus in Florida, Hawaii, and Puerto Rico. **Plant Disease Reporter**, 63 (3):216-220, 1979.

HODGES, C.S. et al. The occurrence of *Diaporthe cubensis* on *Eucalyptus* in Florida, Hawaii and Puerto Rico. **Plant Disease**, n.63, p.216-220, 1980.

HODGES, C.S. et al. The conspecificity of *Cryphonectria cubensis* and *Endothia eugeniae*. **Mycologia**, n.78, p.334-350, 1986.

HODGES, C.S. Preliminary Exploration for Potential Biology Control Agents for *Psidium cattleianum*. Honolulu, Hawaii: **Cooperative National Park Resources Studies Unit**, University of Hawaii at Manoa. (Technical Report 66.), 1988.

HUGHES, G.; MADDEN, L. V. Aggregation and incidence of disease. **Plant Pathology**. Malden, v. 41, n. 6, p. 657-660, 1992.

HUGHES, G. et al. Validating mathematical models of plant-disease progress in space and time. **IMA Journal of Mathematics Applied in Medicine and Biology** 14:85-112, 1997.

JESUS JUNIOR, W. C. et al. Análise temporal de epidemias. In: VALE, F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Editora Perfíl, p. 127-188. 2004.

JORGE, L. A. B. **Dendrometria**. Material didático de aula. Botucatu. 2013. 65p.

KRANZ, J. Comparison of epidemics. **Annual Review of Phytopathology**. 12:355-374, 1974.

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. et al. Análise espacial do amarelecimento fatal do dendezeiro como ferramenta para elucidar sua etiologia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 3, p. 397-403, 1998.

MADDEN L.V. et al. 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.

MASSON, M. V. **Ferrugem do eucalipto: planejamento evasivo, estimativa de dano e análise da viabilidade do controle químico**. 2009. 167f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

MELO, E. A. **Desenvolvimento de modelos para crescimento florestal e afilamento de fuste**. 2014. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Manejo Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

MERWE, N. *et al.* Identification of *Cryphonectria cubensis* from Colombia based on rDNA sequence data. **South African Journal of Science**, n.97, p.295-296, 2001

MYBURG, H. *et al.* Conspecificity of *Endothia eugeniae* and *Cryphonectria cubensis*: a re-evaluation based on morphology and DNA sequence data. **Mycoscience** 44:187-197, 2003.

MYBURG, H. *et al.* DNA sequence data and morphology define *Cryphonectria* species in Europe, China and Japan. **Canadian Journal of Botanical** n. 82, p.1730-1743, 2004.

NELSON, S. C. Spatiotemporal distance class analysis of plant disease epidemics. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 85, n. 1. p. 37-43, 1995.

NELSON, S. C. A simple analysis of disease foci. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 86, n. 4, p. 332-339, 1996.

ODUM, E. P. 1988. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara. 434p

OLD, K.M. *et al.* **A manual of diseases of eucalypts in South-East Asia**. Center for International Forestry Research, 2003. 106p.

OLIVEIRA, J.C. **Considerações sobre a determinação e utilização de equações volumétricas**. 2010. 36 f. Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

PÁSCOA, F. *et al.* Estabelecimento simultâneo de equações de biomassa para o pinheiro bravo. In: **SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE GESTIÓN Y ECONOMÍA FORESTAL**. Barcelona. p. i-f, 2004.

ROCHA, J.C.O. **Influência da seca de ponteiros na seleção de modelos volumétricos para *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus citriodora***. 1992. 111p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

RODAS, C.A. *et al.* Discovery of the Eucalyptus canker pathogen *Chrysosporthe cubensis* on native Miconia (Melastomataceae) in Colombia. **Plant Pathology**, n.54, p.460-470, 2005.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal 2: Técnica de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos de madeira**. Lavras: UFLA/FAEPE. 1997. 292p.

- SEIXAS, C.D.S et al. *Cryphonectria cubensis* on an indigenous host in Brazil: a possible origin for eucalyptus canker disease. **Mycologist** 18, 39-45, 2004.
- SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. **Climatologia/Classificação Climática**. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula3.pdf>>. Acesso em 01 Dez 2012.
- SHARMA, J. K. et al. Occurrence of *Cryphonectria* canker disease of *Eucalyptus* in Kerala, India. **Annals of Applied Biology**, n.106, p.265-276, 1985.
- SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 533-539, 2002.
- SOMOGYI, Z. et al. Indirect methods of large forest biomass estimation. **Europe Journal Forest Research**, n. 2, v. 126, p. 197-207. 2007.
- SOUZA, H.G. **Resistência do eucalipto ao cancro de *Chrysoporthe cubensis* E *Botryosphaeria* sp.** 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- SOUZA, S. E. **Dinâmica espaço-temporal e danos do cancro basal em *Eucalyptus grandis*.** 2007. 160 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- SPOSITO, M.B. et al. Resistência à mancha preta do citros avaliada por curvas de progresso da doença. **Fitopatologia Brasileira**. n.29, v.5, p.532-537, 2004.
- TAKAHASHI, S.S. **Ferrugem do eucalipto: Índice de infecção, análise temporal e estimativas de danos relacionados à intensidade da doença no campo.** Botucatu, 2002. 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2002
- TAYLOR, L.R. Aggregation, variance and the mean. **Nature** 189:732-735, 1961.
- UPTON, G.; FINGLETON, B. Spatial Data Analysis by Example. Vol. 1: Point Pattern and Quantitative Data. Chichester. Wiley. 1985.
- VALE, F. R. et al. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas.** Belo Horizonte: Editora Perffil, 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.
- WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa de biomassa e carbono orgânico em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes idades. **Biomassa & Energia**, v.1, p.371-380, 2004.

WINGFIELD, M. J. et al. First record of *Cryphonectria* canker of *Eucalyptus* in South Africa. **Phytophylactica**, n.21, p.311-313, 1989.

WINGFIELD, M.J. et al. First report of *Cryphonectria* canker on *Tibouchina* in Colombia. **Forest Pathology**, v.31, p.297-306, 2001

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.

ZADOCKS, J.C. The role of epidemiology in modern phytopathology. **Phytopathology** 64: 918-923. 1974