

JOSÉ EDUARDO PETRILLI MENDES

**EFEITOS DO ATAQUE DE *Costalimaita ferruginea* (FABR.)
(COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) SOBRE CRESCIMENTO E
PRODUÇÃO DE *Eucalyptus grandis* HILL ex MAIDEN**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2004

JOSÉ EDUARDO PETRILLI MENDES

**EFEITOS DO ATAQUE DE *Costalimaita ferruginea* (FABR.)
(COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) SOBRE CRESCIMENTO E
PRODUÇÃO DE *Eucalyptus grandis* HILL ex MAIDEN**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 30 de outubro de 2003.

Prof. Hélio Garcia Leite
(Conselheiro)

Prof. Marcelo Coutinho Picanço
(Conselheiro)

Prof. Carlos Frederico Wilcken

Dr^a Dalva Luiz de Queiroz Santana

Prof. Norivaldo dos Anjos Silva
(Orientador)

A Deus,
Aos meus pais José Emídio e Marina
À minha irmã Mônica,
Ao meu avô Guerino (*in memoriam*),
Ao meu tio José Maria.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela vida e pelas oportunidades de aprendizado e aprimoramento.

Aos meus pais, por todo o amor, pela confiança e incansável incentivo que dedicaram a mim.

À minha irmã Mônica, pelo carinho, pela amizade, pelo apoio, pela compreensão e por ser uma ótima pessoa.

Ao meu tio José Maria, pela amizade, pelo apoio, pelo incansável incentivo, pelas oportunidades concedidas e pelos agradáveis momentos de descontração.

A toda a minha família, pela força que sempre me deu, por todo o carinho, pelo apoio e pela confiança.

À Liana, pelo carinho, pela amizade, pela dedicação, pelo apoio, pelo companheirismo, pelo incentivo e por todos os bons momentos que passamos.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa e aos seus professores, por todos os ensinamentos, pela oportunidade desenvolvimento deste e de outros trabalhos, pela dedicação, pela atenção e pelas enriquecedoras discussões durante o curso.

Ao professor Norivaldo dos Anjos, pela orientação, pelos ensinamentos, pela confiança e pelo apoio que me deu.

Aos professores Hélio Garcia, Carlos Wilcken e Marcelo Picanço e a doutora Dalva Santana, pela atenção dispensada e pelas valiosas contribuições para a realização e melhoria deste trabalho.

Aos funcionários do setor de Entomologia da UFV e, especialmente, à senhora Paula, por todos os trabalhos prestados, pela ajuda, sempre com muito bom humor, com muita alegria e com grande presteza.

A Votorantim Celulose e Papel, VCP-Florestal, e a todo o seu corpo técnico, especialmente aos engenheiros Fausto Camargo e Celina do Valle e, aos biólogos Sérgio Adriano, Glodoaldo Ramiro e Valcir, por acreditarem no meu trabalho, pela oportunidade de desenvolver pesquisas em parceria, pelo apoio incondicional, pela amizade e pelo excelente ambiente de trabalho.

À Diâmetro – Biometria e Inventário Florestal, pela atenção, pela eficiência e pela precisão nas medições deste trabalho.

Aos colegas do programa de pós-graduação em entomologia, pelo companheirismo, pela agradável convivência, pela troca de experiências e pelo enriquecedor ambiente de discussão técnica e científica durante a realização do curso.

Aos amigos que fiz na entomologia, Adrian, Ana Margareth, Carlos (Gu), Cazuo, Genésio, Harley, Helena, José Roberto, Miryan, Moisés, Onice, Rosenilson, e, especialmente, à Carolina, ao João Alfredo, a Rita e ao Rodrigo, entre outros colegas, pelo agradável convívio, pelo companheirismo, pela troca de experiências e pelos diversos momentos de descontração e muito bom humor.

A todas as pessoas que acreditaram no meu trabalho e que, de alguma maneira, colaboram para a sua realização.

BIOGRAFIA

JOSÉ EDUARDO PETRILLI MENDES, filho de José Emídio de Arruda Medes Neto e Marina Petrilli Mendes, nasceu em São Carlos, Estado de São Paulo, a 27 de março de 1971.

No período de novembro de 1992 a setembro de 1996, realizou atividades de pesquisa, como estagiário, na área de Entomologia Florestal, no insetário da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Em setembro de 1996, graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Em outubro de 1996, iniciou a pós-graduação em entomologia na mesma Universidade, obtendo o grau de mestre em fevereiro de 1999.

Entre fevereiro de 1999 e agosto de 1999 participou de projetos de pesquisa na área de manejo de pragas florestais, em convênio entre a Universidade Federal de Viçosa e a Votorantim Celulose e Papel.

Em setembro de 1999 iniciou o doutorado em entomologia na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 30 de outubro de 2003.

Em setembro de 2001 foi contratado pela DURATEX (DURAFLORES S.A.) onde é o responsável pela área de proteção florestal.

CONTEÚDO

	página
RESUMO	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
BIBLIOGRAFIA	3
Capítulo 1. CONSEQUÊNCIAS DO ATAQUE DE <i>Costalimaita ferruginea</i> (FABR.) NO CRESCIMENTO E NA PRODUÇÃO DE UM POVOAMENTO DE <i>Eucalyptus grandis</i> HILL ex MAIDEN.....	5
RESUMO	5
INTRODUÇÃO	5
MATERIAL E MÉTODOS.....	6
RESULTADOS.....	9
DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÕES.....	22
BIBLIOGRAFIA.....	23
Capítulo 2. CONSEQUÊNCIAS DO ATAQUE DE <i>Costalimaita ferruginea</i> (FABR.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) SOBRE A FORMA DO FUSTE DE ÁRVORES DE <i>Eucalyptus grandis</i> HILL ex MAIDEN	26
RESUMO	26
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	27
RESULTADOS.....	29
DISCUSSÃO.....	32
CONCLUSÕES.....	33
BIBLIOGRAFIA	34
Capítulo 3. SOBREVIVÊNCIA DE ÁRVORES DE <i>Eucalyptus grandis</i> HILL ex MAIDEN ATACADAS POR <i>Costalimaita ferruginea</i> (FABR.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE).....	36
RESUMO	36
INTRODUÇÃO	36

MATERIAL E MÉTODOS.....	38
RESULTADOS.....	39
DISCUSSÃO.....	42
CONCLUSÕES.....	45
BIBLIOGRAFIA.....	46
CONCLUSÕES GERAIS.....	49

RESUMO

MENDES, José Eduardo Petrilli, D. S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2003. **Efeitos do ataque de *Costalimaita ferruginea* (FABR.) (Coleoptera: Chrysomelidae) sobre crescimento e produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** Orientador: Norivaldo dos Anjos Silva. Conselheiros: Hélio Garcia Leite e Marcelo Coutinho Picanço.

O gênero *Eucalyptus* é o mais freqüente entre as árvores plantadas no Brasil. Sabendo-se que os besouros desfolhadores são as mais importantes pragas em florestas de eucaliptos em vários países e, que a principal espécie de besouro desfolhador de eucaliptos no Brasil é *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae). Tornou-se necessário conhecer com mais detalhes o comportamento daninho desta espécie, bem como as conseqüências do seu ataque às árvores de eucalipto. Para tanto foram identificadas quatro intensidades de ataque do besouro *C. ferruginea*, em plantio de *Eucalyptus grandis*, com idade entre 7 e 9 meses, e avaliadas as conseqüências deste ataque, durante o ciclo desta floresta, até a época de corte (sete anos). As árvores foram avaliadas quanto ao seu crescimento, produção de madeira, formato do fuste e sobrevivência. A descrição da ocorrência foi feita por meio do uso do sistema de monitoramento da praga, em uso no local. Para conhecer as conseqüências do ataque da praga sobre o povoamento florestal, nove medições foram realizadas entre os 12 e 84 meses de idade da floresta, sendo a sobrevivência das árvores quantificada nestas ocasiões. Aos 84 meses foi feita a cubagem rigorosa de árvores, segundo as quatro intensidades de ataque avaliadas para verificar as conseqüências do ataque na forma do fuste das árvores. Os dados das variáveis de interesse, que foram: diâmetro a 1,3 m de

altura (*dap*); altura (*Ht*); área basal (*B*); volume de madeira por hectare (*V*); relação hipsométrica (*Ht x dap*); forma do fuste (*taper*); e sobrevivência das árvores, foram submetidos a análises de regressão. De posse das equações ajustadas para cada variável de interesse, procedeu-se um teste de identidade de modelos, que comparou, para cada variável, as diferentes intensidades de ataque causado pela praga às árvores com a testemunha. Verificou-se que todas as variáveis estudadas foram negativamente alteradas, de forma significativa, por todas as intensidades de ataque da praga, causando efeitos indesejáveis, tanto para as árvores como para o povoamento, gerando informações de fundamental importância na prática do manejo integrado deste importante grupo de pragas florestais, os besouros desfolhadores.

ABSTRACT

MENDES, Jose Eduardo Petrilli, D. S., Universidade Federal de Viçosa, October 2003.

The attack effects of *Costalimaita ferruginea* (FABR.) (Coleoptera: Chrysomelidae) to the growth and the production of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Adviser: Norivaldo dos Anjos Silva. Committee members: Hélio Garcia Leite and Marcelo Coutinho Picanço.

The eucalyptus species has been the most cultivated tree in Brazil and the leaf- beetles have been the most important pests in eucalyptus forests in some countries. The main species of eucalyptus leaf-eating beetles is *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae) and it is necessary to know more details about the harmful behavior of this specie, as well as the consequences of its attack on eucalyptus trees. For this reason, four attack intensities of *C. ferruginea* beetles in *Eucalyptus grandis* plantation in the age between 7 and 9 months were identified and their consequences during the forest cycle until the cut period (seven years) were evaluated. The trees were analyzed in relation to their growth, wood production, bole format and survival. The description of the occurrence was made through the pest monitoring system used in the place. In order to know the consequences of the pest attack in the forest stand, nine measurements were carried out when the forest was between 12 and 84 months and the survival of the trees was quantified in these periods. When the forest reached 84 months a rigorous tree scaling was made according to four evaluated intensities of attack to verify its consequences in the tree bole form. The data of the variable of interest, that were: diameter: 1,3 m high (*dap*); height (*Ht*); basal area (*B*); wood volume for hectare (*V*); hypsometric relation (*Ht x dap*); bole form (to taper); and the survival of the trees, were

submitted to the regression analysis. Through these equations adjusted for each variable of interest, a model identity test was made. It compared for each variable the different intensities of attack caused by the pest to the trees with the control. It was verified that all the studied variables were modified in a negative and significant way for all the intensities of the pest attack causing an undesirable effect as for the trees as for the stand. The resulting information has a great importance for the integrated management practice and for this important group of forest pest: the leaf-beetles.

INTRODUÇÃO GERAL

A demanda por matéria-prima de origem florestal, como a madeira de boa qualidade e em quantidade suficiente para atender aos anseios da sociedade, teve como conseqüências a expansão dos plantios para a formação de povoamentos florestais homogêneos e o desenvolvimento de técnicas de manejo que visam à garantia de elevadas produtividades, gerando produtos de alta qualidade e possibilitando a manutenção ou melhoria da qualidade ambiental (Shepherd, 1994).

No Brasil, os reflorestamentos constituídos por espécies de rápido crescimento, principalmente as do gênero *Eucalyptus*, são a principal fonte de matéria-prima usada pelas grandes empresas para produção de celulose e papel (Simões *et al.* 1981).

O crescimento, em reflorestamentos, foi definido por Campos (1970) “...como o aumento de uma característica desejável, como o volume de madeira, em determinado intervalo de tempo, por unidade de área e produção, como a quantidade total disponível ao final de um período”. Campos e Leite (2002) definiram o crescimento de árvores, visando a produção de madeira, como sendo um processo caracterizado por mudanças na forma e no tamanho do tronco, com a adição contínua de novas camadas de lenho ao longo de todo o material lenhoso existente. Já Ford (1984) definiu o crescimento de um povoamento florestal como um processo dinâmico, variável com o tempo, resultante de mudanças na estrutura da copa e da fisiologia das árvores.

A implantação de grandes monoculturas, como os maciços florestais homogêneos, favorece a ocorrência de pragas, devido à grande disponibilidade de alimento (Panizzi e Parra, 1991) e à simplificação do ambiente. Segundo Ohmart e Edwards (1991), ignorar a ocorrência das pragas locais pode inviabilizar o empreendimento florestal com espécies exóticas, como é o caso de *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae) e do eucalipto no Brasil.

Os insetos desfolhadores que atacam essências florestais representam importante fator de redução na sobrevivência e produtividade dos reflorestamentos (Mattson e Addy, 1975, Fox e Morrow, 1983, Coulson e Witter, 1984, Candy *et al.* 1992, Elek *et al.* 2000, Anjos *et al.* 2002), dentre outros.

Várias espécies de besouros desfolhadores são importantes para o desenvolvimento da silvicultura (FAO, 1976). Ohmart e Edwards (1991) constataram que os besouros da família Chrysomelidae são os mais importantes em termos de expressões ecológica e econômica para os reflorestamentos com eucaliptos. Entre eles, *C. ferruginea* vem alcançando posição de destaque nos reflorestamentos de eucaliptos

no Brasil (Berti Filho e Krugner, 1986, Mendes *et al.* 1998), sendo que estes últimos constataram o grande aumento das ocorrências desse inseto e da preocupação dos manejadores florestais com relação a essa praga no Estado de São Paulo.

Anjos *et al.* (1993) afirmaram que a ocorrência de insetos só deve ser considerada inconveniente quando os mesmos causarem prejuízos à floresta. Essas considerações trazem à tona o conceito de nível de dano econômico (NDE) que, segundo Pedigo (1989), é definido como a menor quantidade de insetos, ou a menor densidade populacional, capaz de causar danos economicamente significativos. Portanto, deve-se conhecer as conseqüências do ataque de pragas e o NDE para aplicação correta do manejo integrado de pragas (MIP) e para a manutenção de populações, ou de grupos de pragas, abaixo dos níveis que causam danos econômicos, em conformidade com os princípios de preservação da qualidade ambiental (Kogan, 1998).

Em função do pouco conhecimento existente a respeito dos efeitos dos ataques de *C. ferruginea* aos reflorestamentos de eucalipto, este estudo, realizado em plantio de *Eucalyptus grandis*, visou ampliar o conhecimento sobre as conseqüências do ataque desta praga em povoamentos comerciais de eucalipto e, mais especificamente:

- quantificar as conseqüências do desfolhamento causado pela praga sobre o crescimento e a produção em floresta comercial de eucalipto.
- avaliar a forma do fuste de árvores de *E. grandis*, sob diferentes intensidades de ataque pelos besouros.
- avaliar a sobrevivência das árvores de *E. grandis*, sob diferentes intensidades de ataque pelos besouros.

BIBLIOGRAFIA

- ANJOS, N., MOREIRA, D.D.O., DELLA LUCIA, T.M.C. 1993. Manejo integrado de formigas cortadeiras em reflorestamentos. In: DELLA LUCIA, T.M.C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa: Folha de Viçosa, p.212-241.
- ANJOS, N., MAJER, J.D., LOCH, A.D. 2002. Occurrence of the eucalypt leaf beetle, *Cadmus excrementarius* Suffrian (Coleoptera: Chrysomelidae: Cryptocephalinae), in Western Australia. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v.85, p.159-162.
- BERTI FILHO, E., KRUGNER, T.S. 1986. Manejo integrado de pragas e doenças em povoamentos de *Eucalyptus* no Brasil. **Silvicultura**, v.21, n.41, p.41-43.
- CAMPOS, J.C.C. 1970. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. **Revista Floresta**, v.2, n.3, p.45-52.
- CAMPOS, J.C.C., LEITE, H.G. 2002. **Mensuração florestal – perguntas e respostas**. Viçosa: UFV, 407p.
- CANDY, S.G., ELLIOTT, H.J., BASHFORD, R. 1992. Modelling the impact of defoliation by the leaf beetle, *Chrysophtharta bimaculata* (Coleoptera: Chrysomelidae) on height growth of *Eucalyptus regnans*. **Forest Ecology and Management**, v.54, p.69-87.
- COULSON, R.N., WITTER, J.A. 1984. Concepts of integrated pest management. In: COULSON, R.N., J.A. WITTER. **Forest entomology ecology and management**. New York: John Wiley & Sons, p.98-121.
- ELEK, J., BASHFORD, R., CANDY, S. 2000. **Manual for managing leaf beetle defoliation in eucalypt plantations**. Forestry Tasmania, 53p.
- FAO. Draft. 1976. **Eucalyptus for planting**. Rome: FAO, 398p.
- FORD, E.D. 1984. The dynamics of plantation growth. In: BOWEN, G.D., NAMBIAR, E.K.S. (Eds.). **Nutrition of plantations forests**. London: Academic Press, p.17-52.
- FOX, L.R., MORROW, P.A. 1983. Estimates of damage by herbivorous insects on *Eucalyptus* tree. **Australian Journal of Ecology**, v.8, p.139-147.
- KOGAN, M. 1998. Integrated pest management: Historical and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, v.43, p.243-270.
- MATTSON, W.J., ADDY, N.D. 1975. Phytophagous insects as regulators of forest primary production. **Science**, v.190, n.4214, p.515-522.
- MENDES, J.E.P., ANJOS, N., CAMARGO, F.R.A. 1998. Monitoramento do besouro-amarelo. **Folha Florestal**, n.91, p.8-9.
- OHMART, C.P., EDWARDS, P.B. 1991. Insect herbivory on eucalyptus. **Annual Review of Entomology**, v.36, p.637-657.

- PANIZZI, A.R., PARRA, J.R.P. 1991. A ecologia nutricional e o manejo integrado de pragas. In: PANIZZI, A.R., PARRA, J.R.P. (Eds.) **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, p.313-329.
- PEDIGO, L.P. 1989. **Entomology and pest management**. New York: Macmillan Publishing Company, 646p.
- SHEPHERD, R.F. 1994. Management strategies for forest defoliators in British Columbia. **Forest Ecology and Management**, v.68, p.303-324.
- SIMÕES, J.W., BRANDI, R.M., LEITE, N.B., BALLONI, E.A. 1981. **Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento**. Brasília: IBDF, 131p.

CONSEQUÊNCIAS DO ATAQUE DE *Costalimaita ferruginea* (FABR.) NO CRESCIMENTO E NA PRODUÇÃO DE UM POVOAMENTO DE *Eucalyptus grandis* HILL ex MAIDEN

RESUMO

Devido à grande importância da cultura do eucalipto para o setor florestal brasileiro, a frequência e intensidade dos surtos de besouros desfolhadores em plantios de eucalipto e, também, devido à constatada escassez de conhecimentos a respeito das consequências destes surtos, desenvolveu-se este trabalho o qual caracterizou o período de ocorrência, os danos causados às árvores e verificou os efeitos do ataque do besouro *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae) sobre uma plantação comercial de *Eucalyptus grandis*. Perdas no crescimento em diâmetro, altura e área basal, bem como a redução do volume de madeira foram quantificados e estimados em função de diferentes intensidades de ataque desta praga. As consequências relacionadas com o desfolhamento das árvores, entre o sétimo e nono mês após o plantio, foram quantificadas, analisadas e discutidas em função da intensidade do ataque e do tempo de desenvolvimento até a colheita da floresta.

PALAVRAS CHAVES: besouro desfolhador, eucalipto, praga florestal.

INTRODUÇÃO

A importância e a magnitude do setor florestal no Brasil foram evidenciadas por Garlipp (1995) e por Valverde *et al.* (1999) como sendo de grande responsabilidade ambiental, social além de ter grande participação na geração de riquezas, empregos e distribuição de renda. Nas últimas duas décadas os plantios de florestas de rápido crescimento, principalmente com o gênero *Eucalyptus*, manejados para a produção de madeira em quantidade e qualidade suficientes para suprir as demandas por este produto visam, cada vez mais, a manutenção e aumento dos índices de produtividade e de qualidade ambiental destes povoamentos.

Um dos fatores que causa a diminuição da produtividade florestal é a ocorrência de pragas, principalmente dos insetos desfolhadores (Kulman, 1971, Coulson e Witter, 1984). Entre as principais pragas existentes em florestas de eucaliptos em todo o

mundo, estão os besouros desfolhadores (Ohmart e Edwards, 1991). Diversos estudos foram feitos a respeito de métodos de avaliação de infestação de besouros desfolhadores em florestas de eucaliptos (Kulman, 1971), dos danos causados às árvores (Cooper *et al.* 1987; Pedigo 1989; Abbott *et al.* 1993a) e de como controlar as populações dessas importantes pragas florestais (Elek *et al.*, 2000).

No Brasil, *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae), popularmente conhecido como “Besouro-amarelo”, vem se destacando como a principal espécie de besouro desfolhador capaz de causar prejuízos expressivos às florestas de eucaliptos (Mendes *et al.* 1998). Os mesmos autores afirmaram, ainda, que apenas os adultos dessa espécie são desfolhadores, podendo atacar os eucaliptos em qualquer idade ou porte da planta e que as fases jovens da praga vivem no solo, onde as larvas se alimentam em raízes de gramíneas. As consequências do seu ataque às árvores ainda são mal conhecidas e o embasamento técnico para a tomada de decisão em casos de surtos populacionais é pequeno, fazendo com que o manejador florestal tenha que agir de forma empírica ao tomar decisões em casos de surtos destes besouros. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar as consequências do ataque de *C. ferruginea* sobre o crescimento e a produção de um povoamento comercial de *Eucalyptus grandis*, visando subsidiar o manejador florestal com dados que possam auxiliar nas tomadas de decisão em relação às ocorrências desta praga.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado num reflorestamento de *Eucalyptus grandis*, procedência Santa Maria, feito com mudas seminais, localizado no Vale do Rio Paraíba do Sul, município de Pindamonhangaba (23°15' S e 45°25' W), Estado de São Paulo – Brasil. O plantio deu-se em 18/04/1996, em espaçamento 3 x 2,5 m, em solo do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo, localizado a 750 metros de altitude, com precipitação média anual de 1.650 mm e temperatura média anual oscilando entre 18 e 22°C. O clima na região foi classificado como Ccr (muito úmido) (classificação de Köppen). A vizinhança da área experimental é formada por pastagem (*Brachiaria decumbens*: Graminae). O local foi utilizado devido à ocorrência natural de um surto populacional de *C. ferruginea*, constatado em 12/11/1996 e terminado em 20/01/1997. Antes e após este surto não foi constatado nenhum outro surto de insetos desfolhadores no local de estudos. O combate a formigas cortadeiras foi feito periódica e rigorosamente, visando

evitar as possibilidades de desfolhamentos causados pelas mesmas.

A caracterização do surto do besouro-amarelo foi feita através do Sistema de Monitoramento de Besouros Desfolhadores (CMB) desenvolvido em parceria entre a UFV e a empresa VCP, conforme Mendes *et al.* (1998), e usando-se a técnica do pior foco, adaptada de Anjos *et al.* (1993). Foram feitas 10 vistorias por um monitor treinado durante o período de 12/11/1996 até 20/01/1997. As datas de avaliação foram 12 e 29 de novembro/1996, 03, 10, 17, 23 e 30 de dezembro/1996 e 6, 13 e 20 de janeiro/1997, classificando-se a quantidade de besouros em “pouquíssimos” ou em “grande quantidade”, quando comparados visualmente à quantidade de folhas disponíveis nas árvores. Ao mesmo tempo, classificou a intensidade de estragos decorrentes do ataque às árvores em “poucas injúrias” e em “muitas injúrias” em relação à superfície foliar disponibilizada pela copa da árvore, em cada avaliação.

Para avaliar o crescimento e a produção, árvores do local de ataque foram identificadas, segundo os tratamentos: T1 = constituído por árvores que tiveram $\frac{3}{4}$ ou mais da sua copa destruída devido ao ataque de *C. ferruginea*; T2 = constituído por árvores com a coroa da copa (terço superior da copa) destruída e mais o ponteiro principal cortado pelos besouros; T3 = constituído por árvores com apenas a coroa da copa destruída, porém com o ponteiro principal intacto; e, finalmente, T4 = constituído por árvores cujas copas e ponteiros não foram atacados pelos besouros (testemunha). Essas árvores testemunhas estavam localizadas no mesmo plantio e condições das pertencentes aos demais tratamentos. Estes níveis de intensidade de ataque, já preconizados por Mazanec (1966) em *Eucalyptus delegatensis*, foram utilizados porque representam uma escala visual suficientemente fácil de ser usada nas condições de campo e já estava em uso no sistema de monitoramento da referida praga. Os desfolhamentos referentes à intensidade de $\frac{3}{4}$ ou mais da copa e do terço superior da copa (coroa) foram discriminados, imediatamente após o término do surto, através de avaliação e da comparação visual da altura total da copa das árvores atacadas com a altura das copas de árvores não atacadas e existentes na vizinhança.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por grupos de 100 árvores e tiveram formato irregular devido à variação na intensidade de ataque entre árvores vizinhas. Para a formação das parcelas tomaram-se 10 árvores por linha, em 10 linhas de plantio, marcadas segundo um dos tratamentos (intensidades de ataque) descritos. Cada árvore recebeu uma identificação metálica, presa ao tronco por um fio de arame galvanizado contendo o número da árvore, da repetição e do tratamento a que

pertencia. Depois de adultas, as árvores receberam um reforço de marcação com tinta branca a cada medição para facilitar a localização e identificação.

As quatro primeiras medições foram feitas a cada quatro meses, sendo iniciadas no quarto mês após o término do surto, quando a floresta tinha 12 meses de idade. Após este período os intervalos entre as medições passaram para 12 meses, aproximadamente. Os diâmetros à altura do peito (*dap*), a 1,30 m do solo e as alturas totais (*Ht*) das árvores foram medidos aos 12, 17, 21, 25, 33, 45, 57, 69 e 84 meses de idade da floresta. A partir dos valores de *dap* foram calculados os diâmetros médios (*q*) por parcela e por tratamento em cada idade, visando caracterizar o crescimento diamétrico do povoamento em cada situação de ataque da praga. A sobrevivência das árvores foi quantificada em todas as ocasiões. Aos 84 meses procedeu-se à cubagem rigorosa de 10 árvores por parcela, selecionadas de forma casual, para os cálculos dos volumes reais e a obtenção da equação de volume para os tratamentos.

A partir das medidas de *dap*, altura total e da cubagem rigorosa, usando-se o *software* SIFCUB 2000 (Leite *et al.* 2001), ajustou-se o modelo de Schumacher e Hall (1933) para obtenção dos volumes individuais, volumes por parcela e volumes por hectare, considerando-se para tanto a densidade do plantio. A precisão destas equações foi confirmada por meio de análises de resíduos.

De posse das equações todas as parcelas foram totalizadas obtendo-se as estimativas de diâmetro médio (*q*), área basal (*B*) e o volume de madeira com casca (*V*). O diâmetro médio, a área basal e o volume por hectare foram obtidos por:

$$q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n dap_i^2}{n}}$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n (g_i * 10.000)}{\text{área da parcela}}, \text{ onde } g_i = \frac{\pi(dap)^2}{40.000}$$

$$V = \left(\sum_{i=1}^n v_i \right), \text{ sendo } V_i \text{ obtido com as equações de volume oriundas do ajuste do}$$

modelo de Schumacher e Hall (1933), cuja relação funcional é:
 $Ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * Ln(dap) + \beta_2 * Ln(Ht) + \varepsilon$

Para cada tratamento foram ajustados modelos existentes no *software* CURVE

EXPERT 1.3 (Hyams, 2001). Estes ajustes foram feitos utilizando-se o compromisso de Marquat (para os modelos não-lineares) e o método de mínimos quadrados ordinários (para os modelos lineares). Com base nos coeficientes de correlação entre valores observados e valores estimados pelas diferentes equações ($r_{Y_j Y_1} > 0,95$), foi selecionado, para todas as variáveis, o modelo mecanístico de Richards, conforme Richards (1959), cuja relação funcional é:

$$Y = \frac{a}{\left[1 + e^{(b - c * X)^{\frac{1}{d}}}\right]} + \varepsilon$$

Em que:

Y = variável dependente ou de interesse;

X = variável independente;

a, b, c, d = parâmetros da regressão;

ε = erro aleatório, supostamente, com média zero e variância δ^2 .

Para as variáveis q , B e V , a variável independente (X) usada foi a idade do povoamento; para a variável dependente Ht , a variável independente (X) foi a idade e, também, o dap . Neste último caso, com o objetivo de estabelecer uma relação hipsométrica, $Ht = f(dap)$.

Com base nas estimativas de volume geradas, para cada tratamento e por hectare, obteve-se a idade técnica de corte da floresta com o uso da expressão (dV/dI) = volume/idade, por meio dos cálculos dos incrementos médio mensais (IMM) e incrementos correntes mensais (ICM) e justaposição das curvas para cada tratamento.

Para cada variável analisada, foi aplicado o teste “L&O” (Leite e Oliveira, 2002) visando verificar diferenças estatísticas entre os tratamentos. Em cada caso, cada tratamento foi comparado com a testemunha. O teste é baseado na estatística “F”, proposta por Graybill (1976), na avaliação do erro médio e na análise do coeficiente de correlação linear, comparando-se sempre as árvores que foram desfolhadas com árvores testemunhas.

RESULTADOS

A ocorrência de *C. ferruginea* na cultura de *E. grandis* foi constatada e monitorada por um período de aproximadamente dois meses, tendo início em 12/11/1996 com grande quantidade de besouros e permanecendo nesta condição durante

21 dias, portanto até 03/12/1996. Nos 20 dias seguintes, até 23/12/1996 a quantidade de insetos, em relação à quantidade de folhas nas copas das árvores, foi considerada como sendo igual à de “pouquíssimos besouros”. A partir desta última data, a quantidade de insetos voltou a crescer e permaneceu como “grande quantidade de besouros” por um período de 22 dias, até 13/01/1997. Daí em diante, começou a diminuir, até que no dia 20/01/1997 já não era encontrado mais nenhum besouro na área de estudos.

Com relação à quantidade de injúrias, verificou-se que a intensidade do ataque foi baixa, isto é sem nenhuma possibilidade de desfolhamento expressivamente significativo, até o 17º dia após a sua constatação (29/11/1996). Decorridos 22 dias da constatação do inseto no local, em 03/12/1996, a quantidade de estragos nas copas das árvores aumentou e o ataque passou a ser considerado como muito intenso, isto é, um desfolhamento visual e expressivamente significativo, permanecendo assim por um período de mais 22 dias, até o dia 13/01/1997. Na última avaliação realizada em 20/01/1997, as injúrias constatadas na casca dos ponteiros e nas folhas já estavam em processo de cicatrização, não sendo mais consideradas como ataques recentes, quando então, foram encerradas as avaliações da quantidade de besouros e de injúrias causadas por eles. A área atingida pela praga neste local foi estimada em cerca de 20 hectares. Nenhuma medida de combate visando controlar a população de besouros foi usada.

Apenas os besouros adultos se alimentaram na folhagem do eucalipto, as quais ficaram perfuradas, com aspecto rendilhado, ou totalmente consumidas pelos besouros e, em alguns casos, restando apenas as nervuras principais. O ataque ao ponteiro principal e de ponteiros de outros ramos jovens caracterizou-se pela raspagem da casca das hastes jovens e ingestão das partes tenras, que ficaram com tonalidade amarronzada, ressecada, o que chegou a causar a perda de dominância apical e tortuosidade no tronco das árvores. O sentido de desfolha na copa das árvores foi sempre de cima para baixo e das extremidades dos ramos para o centro da planta, com nítida preferência pelas partes mais tenras das mesmas.

As conseqüências do ataque dos besouros sobre o crescimento das árvores podem ser visualizadas nas Figuras 1 e 2. Todos os níveis de injúrias causadas pelos besouros de *C. ferruginea* às árvores resultaram em alterações expressivamente significativas no crescimento em altura e na relação hipsométrica.

Os efeitos do ataque da praga sobre o crescimento e a produção do povoamento, expressos pelas variáveis q , B e V e pela idade técnica de corte (ITC) podem ser visualizados nas Figuras 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

Todas as variáveis estudadas, tanto para as árvores, como para o povoamento,

foram afetadas negativamente, em termos de crescimento, para qualquer intensidade de ataque da praga (Figuras de 1 a 6 e Tabelas 1 e 2).

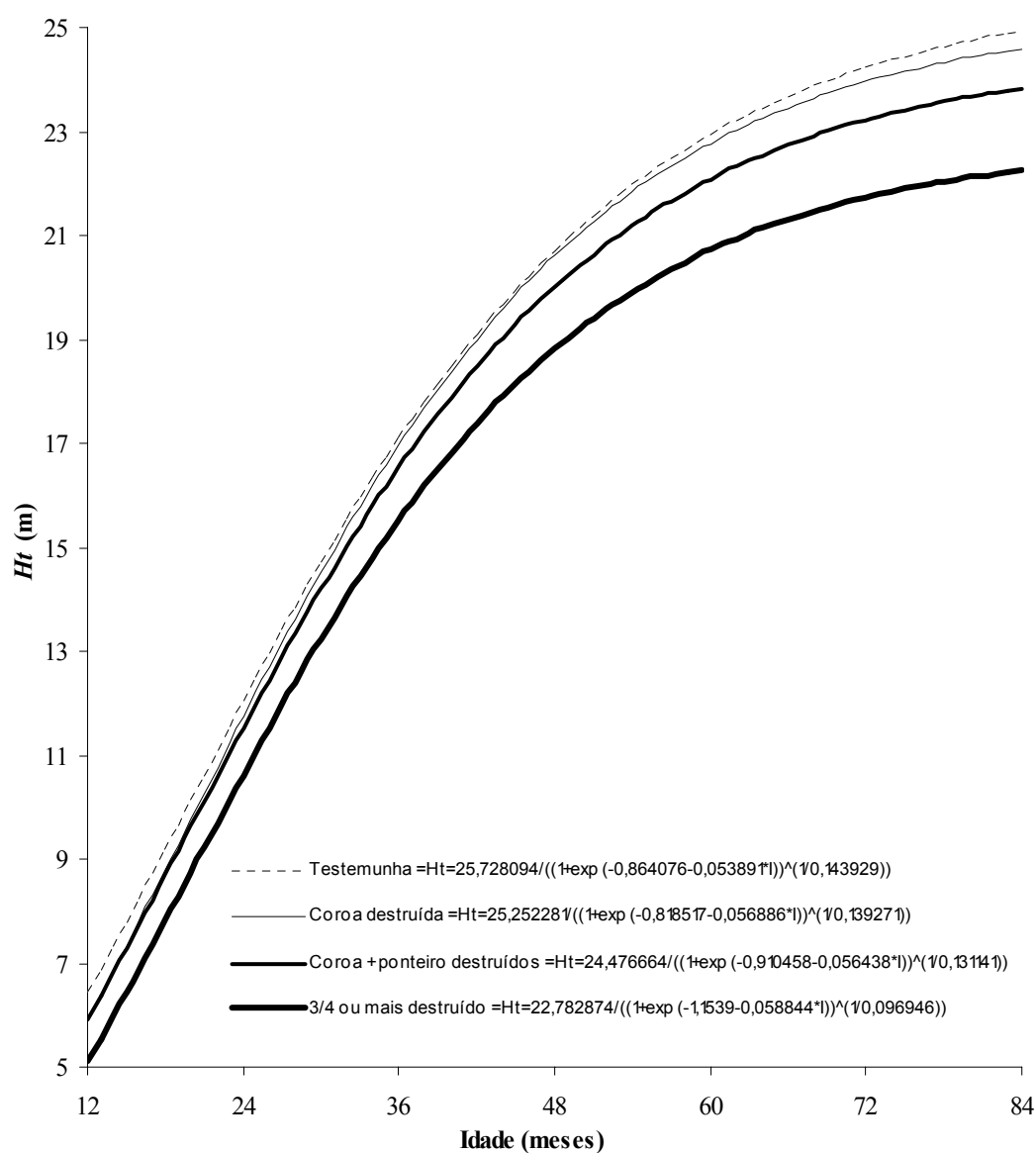


Figura 1. Valores médios ($n = 500$) da altura total (Ht) e tendências de crescimento segundo o modelo de Richards (1959) em árvores de *Eucalyptus grandis*, em função da idade de plantio e do nível de intensidade de ataque por *Costalimaita ferruginea*. Pindamonhangaba, SP, abril/1997 – maio/2003.

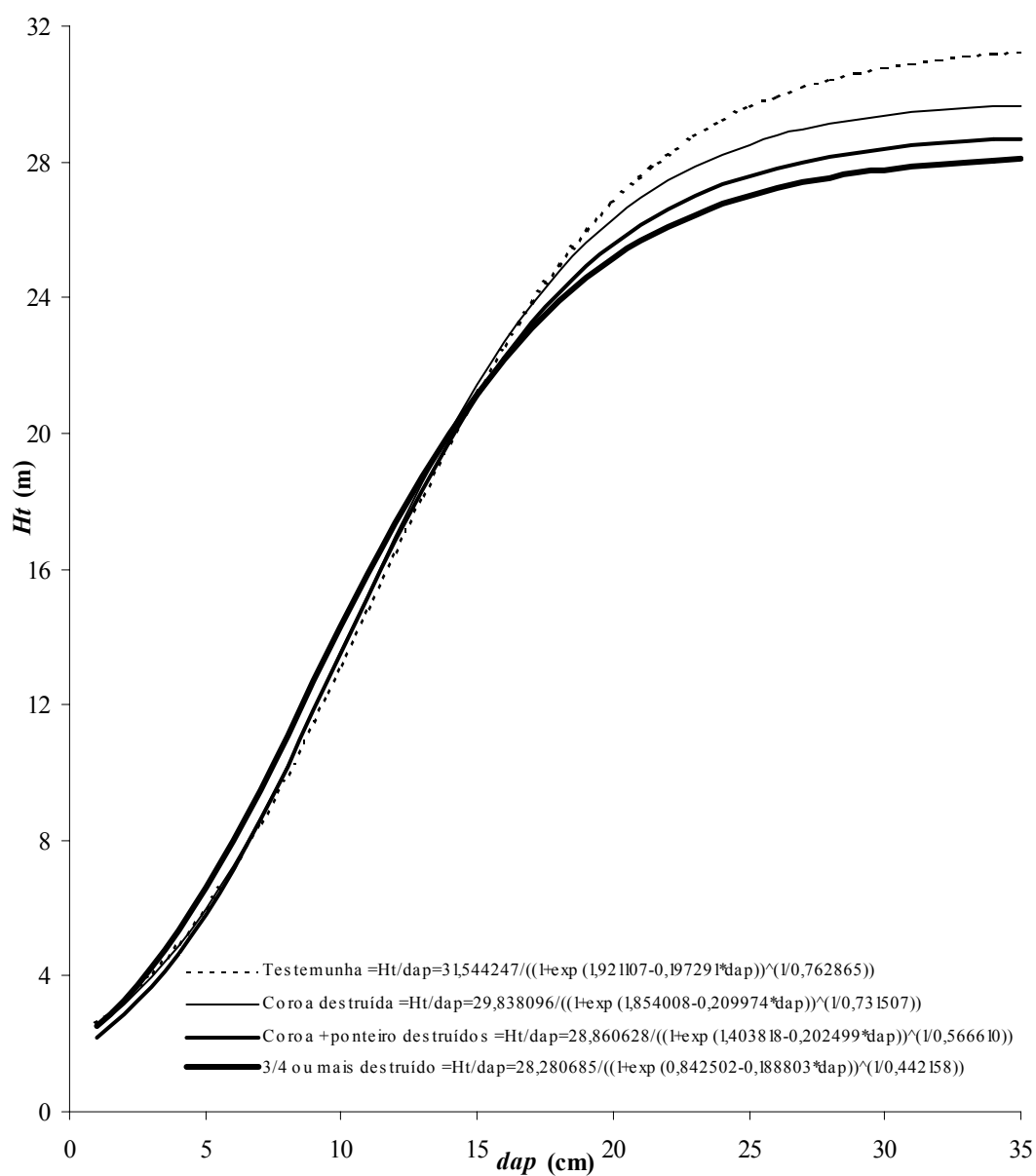


Figura 2. Valores médios ($n = 500$) da relação hipsométrica ($Ht \times dap$) e tendências das “dinâmicas de crescimento” segundo o modelo de Richards (1959) em árvores de *Eucalyptus grandis*, com a estimativa de altura total das árvores em função do dap observado e do nível de intensidade de ataque por *Costalimaita ferruginea*. Pindamonhangaba, SP, abril/1997 – maio/2003.

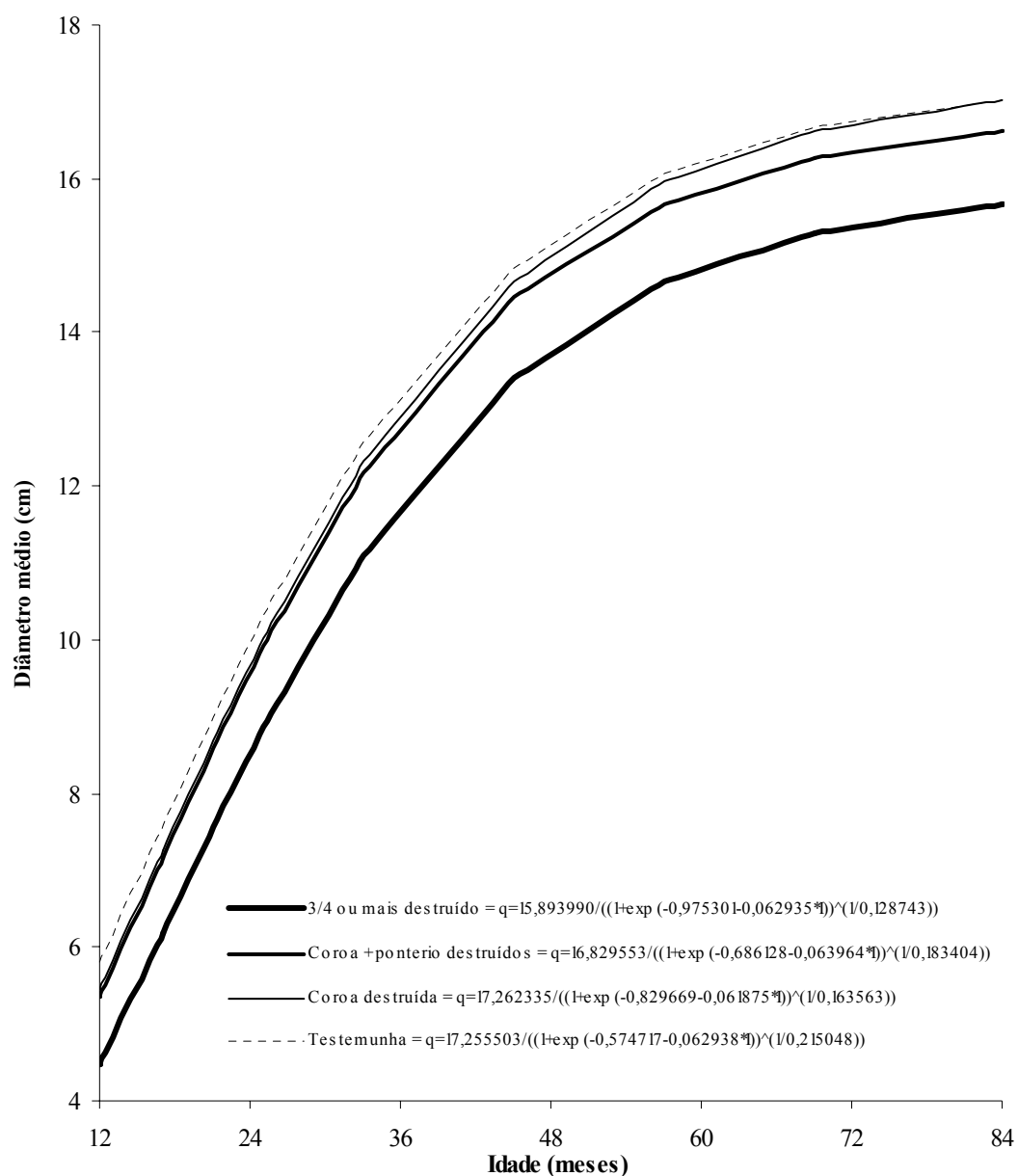


Figura 3. Valores médios ($n = 500$) do diâmetro médio a 1,30 m do solo (q) e tendências de crescimento segundo o modelo de Richards (1959) em árvores de *Eucalyptus grandis*, em função da idade de plantio e do nível de intensidade de ataque por *Costalimaita ferruginea*. Pindamonhangaba, SP, abril/1997 – maio/2003.

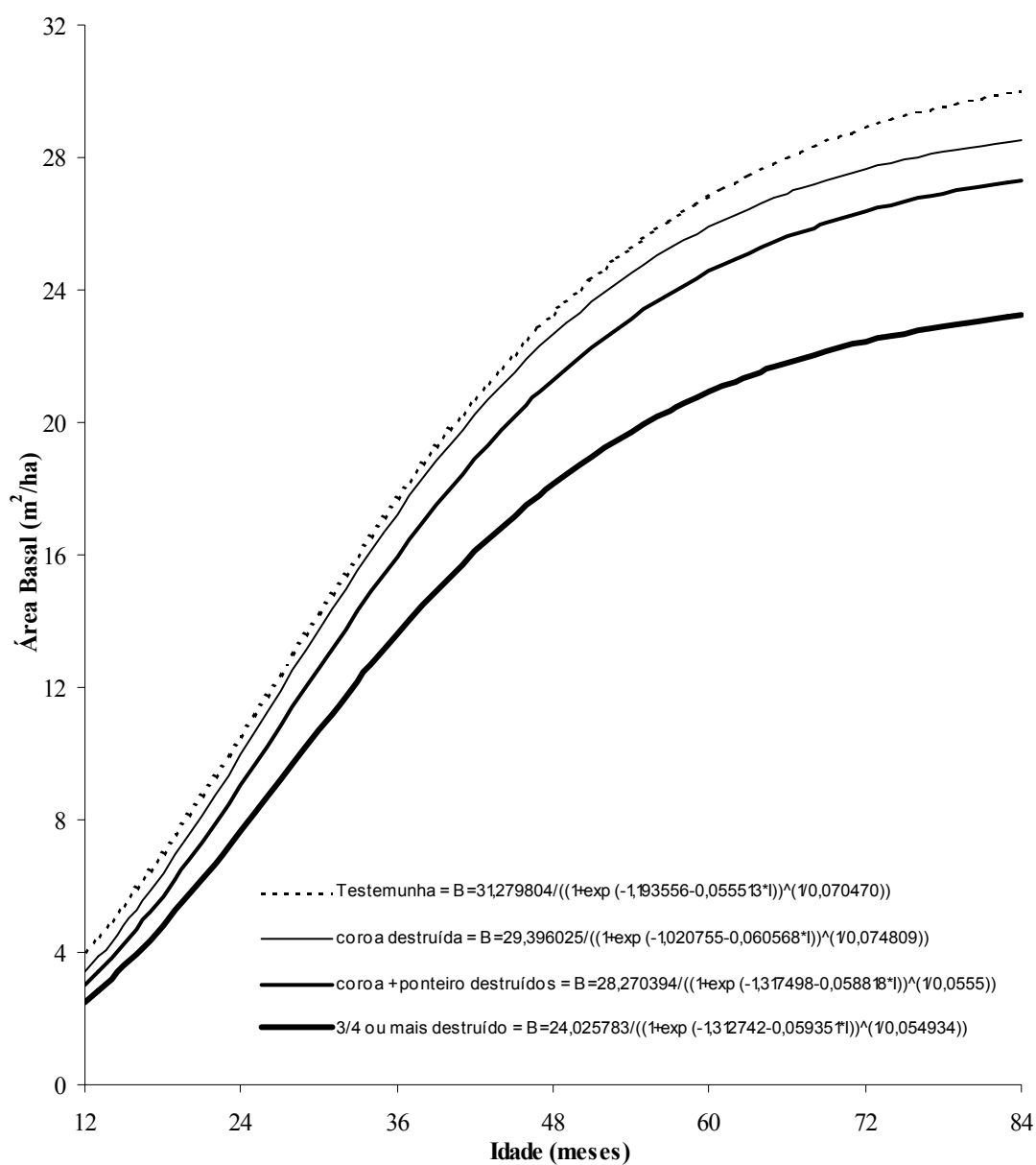


Figura 4. Área basal por hectare (B) a partir das médias das parcelas e tendências de crescimento segundo o modelo de Richards (1959) em árvores de *Eucalyptus grandis*, em função da idade de plantio e do nível de intensidade de ataque por *Costalimaita ferruginea*. Pindamonhangaba, SP, abril/1997 – maio/2003.

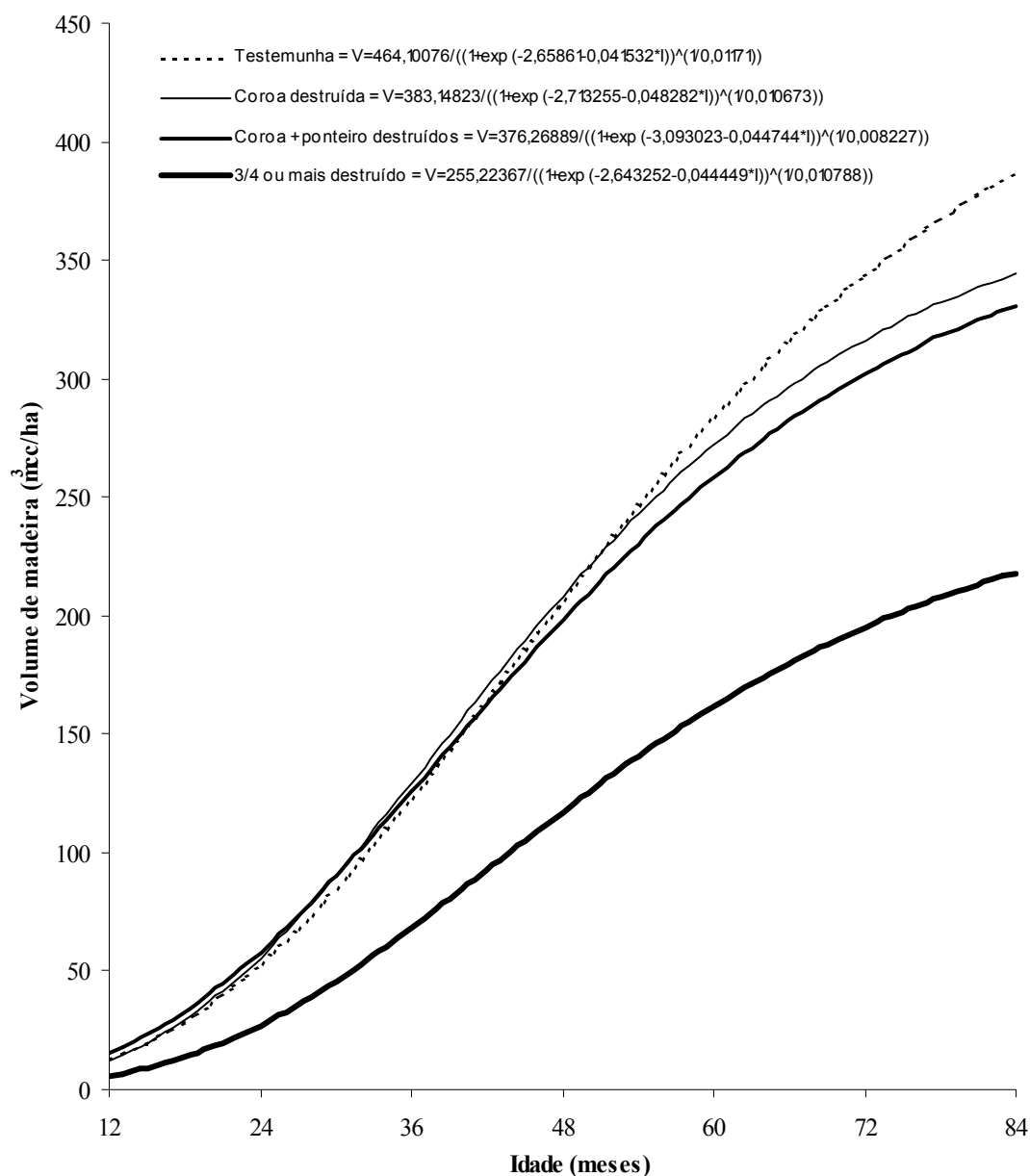


Figura 5. Volume (V) de madeira com casca, produzido por hectare a partir de volumes individuais e totalizados das parcelas e tendências de crescimento segundo o modelo de produção de Shumacher e Hall (1933) e o modelo analítico de Richards (1959) em árvores de *Eucalyptus grandis*, em função da idade de plantio e do nível de intensidade de ataque por *Costalimaita ferruginea*. Pindamonhangaba, SP, abril/1997 – maio/2003.

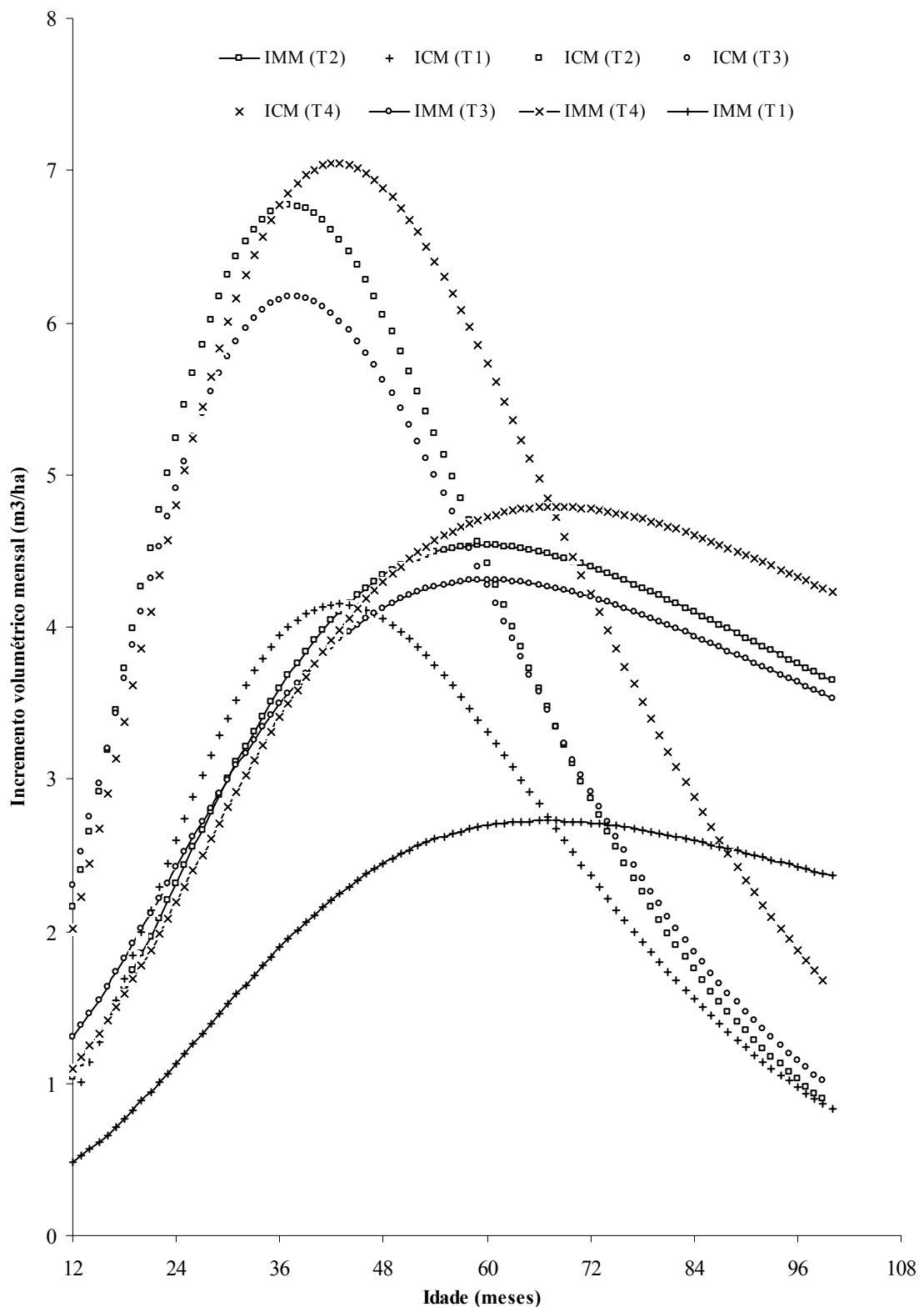


Figura 6. Incremento médio mensal (IMM) e incremento corrente mensal (ICM) em plantio comercial de *Eucalyptus grandis*, de acordo com diferentes intensidades de ataque por *Costalimaita ferruginea*, em função da idade do povoamento. T1 = $\frac{3}{4}$ ou mais da copa destruída, T2 = coroa + ponteiro destruídos, T3 = coroa destruída, T4 = testemunha. Pindamonhangaba, SP, abril/1997 – maio/2003.

Tabela 1. Resultados de comparações entre diferentes intensidades de desfolhamento em árvores de *Eucalyptus grandis* causadas por *Costalimaita ferruginea* com as testemunhas (árvores não atacadas pelos besouros) para as variáveis altura, *dap*, relação hipsométrica (*Ht x dap*), área basal por hectare e volume de madeira por hectare, pelo teste de identidade de modelos L&O (Leite e Oliveira, 2002). Pindamonhangaba – SP, abril/1997 – maio/2003

Variável	Y_1	Y_j	rY_jY_1	$F(H_0)$	$T\bar{e}$	$rY_jY_1 \geq 1-\bar{e} $	Conclusão
Altura (m)	Testemunha	¾ ou mais da copa destruída	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
	Testemunha	Coroa e ponteiro destruídos	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
	Testemunha	Coroa destruída	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Diâmetro Médio (cm)	Testemunha	¾ ou mais da copa destruída	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
	Testemunha	Coroa e ponteiro destruídos	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
	Testemunha	Coroa destruída	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
H x DAP (m x cm)	Testemunha	¾ ou mais da copa destruída	0,99	*	ns	Sim	$Y_j \neq Y_1$
	Testemunha	Coroa e ponteiro destruídos	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
	Testemunha	Coroa destruída	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Área Basal (m ² /ha)	Testemunha	¾ ou mais da copa destruída	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
	Testemunha	Coroa e ponteiro destruídos	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
	Testemunha	Coroa destruída	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Volume (m ³ /ha)	Testemunha	¾ ou mais da copa destruída	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
	Testemunha	Coroa e ponteiro destruídos	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
	Testemunha	Coroa destruída	0,99	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Leite e Oliveira (2002); ns (não significativo) pelo mesmo teste; Y_1 , estimativa da variável em questão para o tratamento testemunha; Y_j , estimativa da variável em questão para os tratamentos com desfolhamento pelos besouros; rY_jY_1 , coeficiente de correlação entre a testemunha e os demais tratamentos; $F(H_0)$, estatística F de Graybill (1976); $T\bar{e}$, teste de “t” para o erro médio da regressão; $rY_jY_1 \geq |1-\bar{e}|$, indicativo de baixa variância residual para confirmação da segurança do teste F; e, conclusão, todos os modelos testados para os tratamentos são diferentes da testemunha.

Tabela 2. Idade técnica de corte (*ITC*), incremento médio mensal máximo ($IMM_{M\acute{A}X.}$), volume de madeira produzido na *ITC* (V_{ITC}) segundo o modelo de Richards (1959) e, valor da produção de madeira na *ITC*, em povoamento de *Eucalyptus grandis* de acordo com diferentes intensidades de ataque por *Costalimaita ferruginea*. Pindamonhangaba, SP, abril/1997 – maio/2003

Tratamento	<i>ITC</i> (meses)	$IMM_{M\acute{A}X.}$ (m ³ /ha)	V_{ITC} (m ³ /ha.mês)	Produção (R\$/ha)*
¾ ou mais destruído	67	2,73	182,58	4.016,76
Coroa e ponteiro destruídos	60	4,31	258,42	5.685,24
Coroa destruída	60	4,53	272,08	5.985,76
Testemunha	68	4,79	325,64	7.164,08

*Considerado o valor da madeira em pé, com casca, R\$ 22,00/m³ (CEPEA, 2003).

O volume de madeira, variável de maior interesse em estudos de natureza quantitativa em relação à ocorrência de desfolhadores em florestas de eucaliptos, foi influenciado negativamente por todos os níveis de injúrias referentes aos tratamentos estudados. Portanto, as conseqüências do ataque da praga sobre a produção volumétrica são drásticas. Ao se aplicar os modelos de regressão para a variável volume de

madeira por hectare, expressos na Figura 5, constata-se que as reduções foram de 43,61; 14,43 e 11,02% da produção total das árvores testemunhas, totalizando decréscimos de 168,65; 55,80 e 42,62 m³ de madeira com casca para os tratamentos $\frac{3}{4}$ ou mais destruído, coroa e ponteiro destruídos e coroa destruída, respectivamente, em relação aos 386,69 m³/ha de madeira com casca, produzidos pelas árvores da testemunha, isentas de ataque, aos 84 meses de idade. Portanto, mesmo após a *ITC* as perdas em volume de madeira, em valores absolutos, continuam aumentando com o tempo.

Considerando, para efeito de cálculos, os valores médios das perdas volumétricas individuais, de acordo com as intensidades de ataque da praga, custo estimado de produção de madeira em pé de R\$ 22,00/m³ (CEPEA, 2003) e o custo estimado para uma simulação de combate igual a R\$ 40,00 por hectare, os níveis de dano econômicos (NDE) para o ataque de *C. ferruginea* em floresta de *E. grandis*, entre os 7 e 9 meses de idade, de acordo com a intensidade do ataque e baseado em perdas na produção de madeira (m³/ha) constatadas nas árvores aos 84 meses de idade da floresta (perdas maiores do que na *ITC*), são respectivamente iguais a 6% das árvores, para “apenas a coroa destruída”; 3% para “coroa destruída e ponteiro cortado” e de 1% para o caso de árvores com $\frac{3}{4}$ ou mais da copa destruída. Essas porcentagens são válidas se considerarmos a realização de apenas um combate químico.

DISCUSSÃO

O período de ocorrência de *Costalimaita ferruginea* constatado neste estudo está de acordo as observações feitas por Mendes *et al.* (1998) e por Freitas *et al.* (2002), coincidindo com a estação mais quente e chuvosa do ano no local de estudo. Na região Sudeste do Brasil, essas características climáticas são predominantes entre os meses de outubro a março do ano seguinte. As variações das quantidades de besouros encontradas em função do tempo, evidenciaram a possibilidade de ocorrência de mais de uma revoada dos mesmos por período de surto num mesmo local. Esse modelo segue os padrões de ocorrência de diversas espécies de crisomelídeos desfolhadores de eucalipto na Austrália (Anjos *et al.* 2002a; Elek *et al.* 2000), Nova Zelândia (Murphy e Kay 2000) e no Brasil (Mendes *et al.* 1998).

O padrão de ataque da praga verificado neste estudo, iniciando o desfolhamento sempre na parte apical das plantas, preferencialmente em folhas mais novas e tenras, e causando o sintoma conhecido com “rendilhamento das folhas”, também está

de acordo com o que foi verificado por Anjos *et al.* (1990) e segue o mesmo padrão da maioria dos crisomelídeos desfolhadores de eucaliptos.

Uma comparação visual entre a Figura 1 (crescimento em altura) e a Figura 3 (crescimento diamétrico), confirmada pela Figura 2 (relação hipsométrica, onde $Ht = f(dap)$), evidencia que os impactos do desfolhamento sobre o crescimento diamétrico ocorrem de forma mais evidente logo após o ataque da praga do que aqueles no crescimento em altura, corroborando Kramer e Kozlowski (1972), os quais mencionaram que o crescimento cambial deveria ser mais prontamente afetado pela perda de folhas das árvores, independentemente da causa, do que o meristemático, pois o primeiro está diretamente relacionado com a fotossíntese corrente e o segundo com as reservas acumuladas nas árvores, portando devendo se manifestar de forma mais marcante no longo prazo. Constata-se, também, que os efeitos adversos do ataque da praga sobre o desempenho das variáveis de crescimento estudadas aumentaram com o passar do tempo, principalmente em relação ao crescimento em altura das árvores e, especialmente, para aquelas que perderam o ponteiro principal, pertencentes aos tratamentos T1 e T2. Isso se deve a perda de dominância apical das árvores que têm o ponteiro principal cortado, pois, segundo Kramer e Kozlowski (1972), ocorre uma regulação hormonal natural nas árvores intactas, o que faz com que, na maioria das vezes, a árvore tenha apenas um fuste. Na ausência desta regulação natural, ramos laterais, que deixaram de ser inibidos pelo principal, iniciam uma “competição” em relação à dominância apical, podendo causar uma diminuição da habilidade competitiva destas árvores, o que está de acordo com a afirmação feita por Ohmart *et al.* (1984) de que as conseqüências de desfolhamentos devem ser maiores com o passar do tempo. Entretanto, é contrário ao que foi afirmado por Freitas e Berti Filho (1994), neste caso, provavelmente, em função do breve prazo de avaliação usado pelos autores e do posicionamento da folhagem retirada da copa, que foi estratificada em quartos verticais para a desfolha, não concentrando as injúrias apenas na parte apical, nos níveis de desfolhamento intermediários.

Os diferentes padrões de crescimento diamétrico ao longo do fuste ficam evidentes na Figura 2, que trata das relações hipsométricas para os diferentes tratamentos. A influência exercida pelo ataque de desfolhadores sobre a forma do fuste foi mencionada como possível por vários autores, entre eles Elek *et al.* (2000). No caso do desfolhamento causado por *C. ferruginea* isto foi constatado, também, e será evidenciado no segundo capítulo do presente estudo.

A influência do desfolhamento causado por *C. ferruginea* sobre a relação

hipsométrica ($Ht \times dap$) (Figura 2), é de grande relevância para o setor florestal. As implicações desta constatação afetam diretamente as áreas de inventário florestal contínuo, planejamento e suprimento das empresas que, na maioria dos casos, medem as alturas de cerca de 20% das árvores das parcelas de inventário e estimam as alturas das demais através da relação hipsométrica ($Ht \times dap$). Conforme evidenciado na Figura 2, esta relação é alterada em função do ataque por *C. ferruginea*. No capítulo 2 está demonstrado que as intensidades de ataque de *C. ferruginea* estudadas alteram a forma do fuste, tornando-o mais cônico de acordo com o aumento da intensidade de ataque da praga. Assim sendo, os ataques de desfolhadores deverão fazer parte dos registros de ocorrências do cadastro florestal das empresas. Nas áreas onde forem registrados ataques de grandes proporções por desfolhadores, a intensidade amostral do inventário florestal e a medição de altura das árvores devem ser mais ampla para se obter o mesmo nível de precisão das estimativas de áreas isentas do ataque de desfolhadores, em especial, para silvicultores que fazem o manejo visando produzir multiprodutos.

Por gerar informações sobre o grau de ocupação da área do povoamento por madeira e referentes ao porte das árvores, a área basal pode ser usada como um indicativo do processo competitivo em determinado local (Campos e Leite, 2002). Na Figura 5 evidencia-se com muita clareza que a área basal do povoamento (B) foi uma das variáveis dependentes mais influenciadas pelos níveis de danos causados às árvores pelos besouros de *C. ferruginea*. Este fato corrobora as afirmações de Dickson (1991) de que os desfolhamentos podem ter maiores efeitos com o passar do tempo em função do uso “desordenado” dos fotoassimilados para a reposição de partes vegetais perdidas através da herbivoria. Além disso, apenas com o passar do tempo, é possível detectar os efeitos dos processos de competição entre as árvores que, no presente caso, influenciaram negativamente o crescimento e a produção florestal.

Os resultados obtidos neste trabalho contrariam frontalmente a premissa de Mattson e Addy (1975) de que as produções de florestas expostas a herbivoria não seriam afetadas de forma negativa por desfolhamentos inferiores a 40% das copas das árvores. Os autores mencionaram, ainda, a possibilidade de ocorrência de crescimento compensatório quando os índices de desfolhamentos forem baixos. No presente trabalho, a menor intensidade de injúrias no terço superior da copa (coroa destruída) foi suficiente para causar perdas significativas. O antagonismo desta constatação, em relação à afirmativa feita por Mattson e Addy (1975), pode estar relacionado ao posicionamento do desfolhamento em relação à copa, pois desfolhamentos de pequenas intensidades na parte baixa da copa podem ser benéficos ao crescimento das árvores.

De acordo com Ford (1984), isso pode ocorrer em função das folhas basais eliminadas neste tipo de desfolhamento já estarem com o balanço fotossintético negativo e pelas quedas de folhas e das fezes dos insetos no solo promovendo a ciclagem de nutrientes.

As perdas em volume de madeira constatadas para os tratamentos com a coroa mais o ponteiro destruídos e para $\frac{3}{4}$ ou mais da copa destruída estão dentro da amplitude verificada por Kulman (1971), o qual informou que as reduções de produção em florestas, de uma forma geral, quando atacadas por insetos herbívoros, podem variar entre 14 e 92% da capacidade produtiva do povoamento. A constatação de que o ataque apenas à coroa das plantas, sem a destruição do ponteiro principal, causou perdas de 11,02% na produção volumétrica de madeira aos 84 meses de idade, aumenta ainda mais a amplitude dos danos mencionados por Kulman (1971). Segundo Abbott *et al.* (1993b), isto agrava ainda mais as dificuldades para o manejador florestal em casos de necessidade de se tomar decisões, a respeito de populações de pragas, que não sejam puramente empíricas. Portanto, qual deve ser o valor do prejuízo a ser adotado para efeito de cálculos de NDE na tomada de decisão em casos de surtos de desfolhadores, uma vez que a amplitude de possibilidades de prejuízos vai de 11,02 a 94% de perdas pelo desfolhamento?

Com base neste estudo, a resposta a tal questão vai depender da idade de corte e da produtividade em função da intensidade de ataque pela praga. Dentre vários autores que estudaram o tema, Anjos *et al.* (2002b), utilizando dados de consumo foliar, obtidos em laboratório, estimaram as quantidades de besouros da espécie *Cadmus excrementarius* Suffrian (Coleoptera: Chrysomelidae) necessárias para causar prejuízos em plantas jovens de *Eucalyptus globulus* em intervalos de tempos conhecidos e concluíram que 31 besouros adultos podiam causar o desfolhamento da coroa das árvores estudadas em 90 dias, ou que 59 (quantidade máxima verificada em campo) podiam causar este mesmo prejuízo em 48 dias. Elek *et al.* (2000) mencionaram que o nível de dano econômico para crisomelídeos foi estimado em 1 ovo de besouro, em média, por grupo de ramos amostrados, e que ao realizar o combate com esta densidade populacional pode-se gerar um benefício superior a 70 dólares australianos por hectare por ano, considerando que estas avaliações são feitas por 4 anos. Segundo Pedigo (1989), o NDE terá de ser recalculado constantemente, pois é influenciado por diversos fatores como o valor de mercado da madeira, os custos do manejo da praga, ou ainda, a mudança da suscetibilidade do hospedeiro.

Na tomada de decisão em relação à necessidade de atuar de forma curativa no manejo de *C. ferruginea*, constatou-se que a tolerância deste plantio aos besouros foi

muito pequena, uma vez que só se pode admitir o desfolhamento de $\frac{3}{4}$ ou mais da copa em apenas 1% das árvores, ou a destruição da coroa e ponteiro em 3% das árvores, ou ainda, a destruição só da coroa em 6% das árvores. Conforme mencionado por Oda e Berti Filho (1978), espera-se ainda que quanto mais produtivas forem as florestas em questão menores serão estes índices de tolerância a pragas desfolhadoras porque maiores serão os prejuízos resultantes. Estudos para avaliação de impactos econômicos sobre a produção florestal devem ser conduzidos, pelo menos, até a época preconizada para o corte da floresta para que suas estimativas sejam definitivas para cada local, como feito no caso presente.

CONCLUSÕES

As injúrias causadas por *Costalimaita ferruginea* em floresta jovem são prejudiciais ao crescimento e a produção das árvores de *Eucalyptus grandis*.

As perdas em crescimento e à produção de madeira, em valores absolutos, para qualquer intensidade de ataque desta praga, aumentam com o desenvolvimento das árvores e com o passar do tempo, até a colheita.

Modelos de crescimento e de produção tem que ser específicos para locais com ocorrências de grandes surtos de besouros desfolhadores ou outros agentes que causem estragos semelhantes em reflorestamentos.

Os sistemas de cadastro florestal devem contemplar registros de ocorrências de ataque de pragas desfolhadoras, para subsidiar o planejamento florestal e gerar dados úteis no manejo integrado de tais pragas florestais.

Não se deve permitir que os besouros causem desfolhamento do terço superior da copa de árvores de eucalipto mais o corte do ponteiro, em até 3% plantas. Apenas na coroa isto só pode ser tolerado em até 6% das plantas. Com $\frac{3}{4}$ ou mais da copa destruída isto não poderá passar de 1% das árvores sob ataque dos besouros. Tais níveis de injúrias resultam em prejuízos para a produção florestal. É tecnicamente necessário realizar o monitoramento das infestações de *C. ferruginea* em florestas jovens de eucaliptos para que se possa evitar estes prejuízos decorrentes do seu ataque.

Estudos relacionados ao aumento da capacidade de suporte das áreas ao ataque de besouros desfolhadores e referentes à tolerância dos materiais genéticos a estes insetos devem ser priorizados na tentativa de se prevenir os grandes prejuízos causados

por estas pragas, muitas vezes desconhecidos pelos administradores florestais.

BIBLIOGRAFIA

- ABBOTT, I., HEURCK, P.V., BURBIDGE, T. 1993a. Impact of frequency of defoliation on growth of Jarrah (*Eucalyptus marginata*): an experimental study with saplings. **Forest Ecology and Management**, v.56, p.170-183.
- ABBOTT, I., HEUCK, P.V., BURDIDGE, T., WILLIAMS, M. 1993b. Damage caused by insects and fungi to eucalypt foliage: spatial and temporal patterns in mediterranean forest of Western Australia. **Forest Ecology and Management**, v.58, p.85-110.
- ANJOS, N., BERTI FILHO, E., ALVES, S.B. 1990. Ocorrência de *Beauveria* e *Metarhizium* em besouro amarelo dos eucaliptos. **Revista de Agricultura**, v.65, n.3, p.279-280.
- ANJOS, N., MOREIRA, D.D.O., DELLA LUCIA, T.M.C. 1993. Manejo integrado de formigas cortadeiras em reflorestamentos. In: DELLA LUCIA, T.M.C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa: Folha de Viçosa, p.212-241.
- ANJOS, N., MAJER, J.D., LOCH, A.D. 2002a. Occurrence of the eucalypt leaf beetle, *Cadmus excrementarius* Suffrian (Coleoptera: Chrysomelidae: Cryptocephalinae), in Western Australia. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v.85, p.159-162.
- ANJOS, N., MAJER, J.D., LOCH, A.D. 2002b. Spatial distribution of a chrysomelid leaf beetle (*Cadmus excrementarius* Suffrian) and potential damage in a *Eucalyptus globulus* subsp. *globulus* plantation. **Australian Forestry**, v.65, n.4, p.227-231.
- CAMPOS, J.C.C., LEITE, H.G. 2002. **Mensuração florestal – perguntas e respostas**. Viçosa: UFV, 407p.
- CANDY, S.G., ELLIOTT, H.T., BASHFORD, R.J., GREENER, A. 1992. Modeling the impact of defoliation by the leaf beetle, *Chrysophtharta bimaculata* (Coleoptera: Chrysomelidae), on height growth of *Eucalyptus regnans*. **Forest Ecology and Management**, v.54, p.69-87.
- CEPEA. 2003. Informativo CEPEA – Setor florestal: Análise econômica mensal sobre madeiras e celulose/papel. ESALQ-USP. Set. 2003. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br> Acesso em 16/09/2003.
- COOPER, R.J., DODGE, K.M., WHITMORE, R.C. 1987. Estimating defoliation using stratified point intercept sampling. **Forest Science**, v.33, n.1, p.157-163.
- COULSON, R.N., WITTER, J.A. 1984. Concepts of integrated pest management. In: COULSON, R.N., WITTER J.A. (Eds.). **Forest entomology ecology and management**. New York: John Wiley & Sons, p.98-121.
- DICKSON, R.E. 1991. Assimilate distribution and storage. In:

- RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.). **Physiology of trees**. Hyderabad: John Wiley & Sons, p.51-85.
- ELEK, J., BASHFORD, R., CANDY, S. 2000. **Manual for managing leaf beetle defoliation in eucalypt plantations**. Forestry Tasmania, 53p.
- FORD, E.D. 1984. The dynamics of plantation growth. In: BOWEN, G.D., NAMBIAR, E.K.S. (Eds.). **Nutrition of plantations forests**. London: Academic Press, p.17-52.
- FREITAS, S., BERTI FILHO, E. 1994. Efeito do desfolhamento no crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (Myrtaceae). **IPEF**, n.47, p.36-43.
- FREITAS, F.A., ZANUNCIO, T.V., LACERDA, M.C., ZANUNCIO, J.C. 2002. Fauna de Coleoptera coletada com armadilhas luminosas em plantio de *Eucalyptus grandis* em Santa Bárbara, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa: v.26, n.4, p.505-511.
- GARLIPP, R.C.D. 1995. O boom da certificação florestal: é preciso garantir a credibilidade. **Revista Silvicultura**, São Paulo, v.17 n.61, p.17-22.
- GRAYBILL, F.A. 1976. **Theory and application of the linear model**. Massachusetts: Ouxburg Press, 704p.
- HYAMS, D. 2001. CURVE EXPERT 1.3: A comprehensive curve fitting system for Windows Copyright©.
- KRAMER, P.J., KOZLOWSKI, T.T. 1972. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 745p.
- KULMAN, H.M. 1971. Effect of insect defoliation on growth and mortality of trees. **Annual Review of Entomology**, v.16, p.289-324,
- LEITE, H.G., CAMPOS, J.C.C., ALVES, J.M. 2001. **SIFCUB 2000: Sistema de inventário florestal e cubagem. Manual do usuário**. Viçosa, 82p.
- LEITE, H.G., OLIVEIRA, F.H.T. 2002. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in Soil Science Plant Analysis**. New York. v.33 n.7&8, p.1105-1118.
- MATTSON, W.J., ADDY, N.D. 1975. Phytophagous insects as regulators of forest primary production. **Science**, v.190, n.4214, p.515-522,
- MAZANEC, Z. 1966. The effect of defoliation by *Didymuria violescens* (Phasmatidae) on the growth of Alpine Ash. **Australian Forestry**, v.30, p.125-130.
- MENDES, J.E.P., ANJOS, N, CAMARGO, F.R.A. 1998. Monitoramento do besouro-amarelo. **Folha Florestal**, n.91, p.8-9.
- MURPHY, B.D.; KAY, M.K. 2000. *Paropsis charybdis* defoliation of eucalyptus stands in New Zeland's Central North Island. **New Zeland Plant Protection**, v.53, p.334-338.
- ODA, S., BERTI FILHO, E. 1978. Incremento anual volumétrico de *Eucalyptus saligna*

- em áreas com diferentes níveis de infestação de lagartas de *Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lep.: Geometridae). **IPEF**, v.17, p.27-31.
- OHMART, C.P., THOMAS, J.R., STEWART, L.G. 1984. Differential defoliation by insects among provenances of *Eucalyptus delegatensis*. **Journal of Australian Entomological Society**, v.23, p.105-111.
- OHMART, C.P., EDWARDS, P.B. 1991. Insect herbivory on eucalyptus. **Annual Review of Entomology**, v.36, p.637-657.
- PEDIGO, L.P. 1989. **Entomology and pest management**. New York: Macmillan Publishing Company, 646p.
- RICHARDS, F.J. 1959. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Biology** v.10, p.290-300.
- SCHUMACHER, F.X., HALL, F.S. 1933. Logarithmic expression of timber volume. **Journal of Agricultural Research**. v.47, n.9, p.719-734.
- VALVERDE, S.R., SILVA, M.L., MACHADO, L.R. 1999. Contribuição da indústria florestal no desenvolvimento da economia brasileira: uma abordagem da matriz de insumo-produto. **Cerne**, v.5, n.2, p.41-50.

**CONSEQUÊNCIAS DO ATAQUE DE *Costalimaita ferruginea* (FABR.)
(COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) SOBRE A FORMA DO FUSTE DE
ÁRVORES DE *Eucalyptus grandis* HILL ex MAIDEN**

RESUMO

Sabendo-se da atual tendência de se agregar valor à produção florestal, através da obtenção de multiprodutos em florestas plantadas, e do aumento da gravidade dos surtos de besouros desfolhadores nas florestas de eucalipto, torna-se necessário conhecer as consequências das injúrias causadas por tais pragas sobre a qualidade do fuste das árvores a fim de subsidiar o planejamento e a programação de estoque da indústria de base florestal. Para tanto, foram caracterizadas quatro intensidades de ataques do besouro desfolhador *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae) em floresta de *Eucalyptus grandis* com idade entre 7 e 9 meses, e avaliadas as consequências destes ataques, na época de corte da floresta (sete anos). Nesta época, procedeu-se a cubagem rigorosa das árvores. Os dados foram submetidos à análise da forma do fuste utilizando-se funções de *taper*. Constatou-se que a forma do fuste foi alterada em função das diferentes intensidades de injúrias causadas por *C. ferruginea*. Quanto maior a intensidade do ataque da praga, maior foi a conicidade do fuste, influenciando diretamente na produção de madeira de maior valor agregado.

PALAVRAS CHAVES: besouro desfolhador, eucalipto, praga florestal, *taper*.

INTRODUÇÃO

A necessidade de produção de madeira serrada em quantidade e qualidade suficientes para suprir as demandas da sociedade, contribuindo de forma acentuada na geração de empregos e distribuição de renda (Valverde *et al.*, 1999), associada à manutenção e ao aumento dos índices de produtividade e de qualidade ambiental dos povoamentos florestais, demanda estudos sobre os efeitos dos desfolhamentos causados por besouros desfolhadores, principal grupo de pragas em culturas de eucaliptos no mundo (Ohmart e Edwards, 1991).

Com o melhor domínio das técnicas de processamento da madeira de eucalipto passa a existir uma forte tendência de aumento do uso desta madeira para a confecção de móveis e de outros produtos de maior valor agregado em relação à madeira para

processos industriais, como a produção de celulose, de chapas de madeira reconstituída ou até mesmo para a siderurgia (Vale *et al.* 2002). Todavia, para que a otimização do uso das toras seja alcançada, é necessário que certas características sejam atendidas e, neste caso, uma característica desejável para a madeira processada é o comprimento das peças que, normalmente, devem ser maiores do que aquelas usadas nos processos industriais (Pinkard e Neilsen, 2003).

Surtos de besouros desfolhadores, principalmente, os de *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae), têm aumentado em frequência e severidade no Brasil (Mendes *et al.* 1998). Uma vez que existem fortes evidências de que o desfolhamento causado por besouros desfolhadores pode alterar a forma do fuste e a qualidade da madeira produzida (Elek *et al.* 2000), deve haver, por consequência, alterações expressivamente significativas no planejamento florestal visando a produção de multiprodutos de madeira. A mudança na forma do fuste pode estar relacionada com a redução na quantidade de árvores por hectare, em função do desfolhamento causado pela praga, conforme será evidenciado no capítulo 3 do presente estudo.

Este trabalho teve o objetivo de estudar os efeitos do ataque de *C. ferruginea* sobre a forma do fuste de árvores de *E. grandis*, utilizando modelos de *taper*. Cabe lembrar que *taper* é o termo aplicado à taxa de decréscimo em diâmetro ao longo do fuste das árvores, sendo considerada a razão fundamental da variação na forma e no volume de madeira das árvores (Husch *et al.* 1972).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado num reflorestamento de *E. grandis*, procedência Santa Maria, plantado a partir de mudas seminais, em espaçamento (3,0 x 2,5m) conforme caracterizado no capítulo 1 deste estudo. O local foi utilizado devido à ocorrência natural de um surto populacional de *C. ferruginea*, quando a plantação tinha de 7 a 9 meses de plantio no campo.

Para avaliar o formato do fuste, as árvores do local foram identificadas segundo níveis de intensidade de ataque por *C. ferruginea* correspondentes aos tratamentos: T1 = constituído por árvores que tiveram $\frac{3}{4}$ ou mais da sua copa destruída devido ao ataque da praga; T2 = constituído por árvores com a coroa da copa (terço superior da copa) destruída e mais o ponteiro principal cortado pelos besouros; T3 = constituído por árvores com apenas a coroa da copa destruída, porém com o ponteiro

principal intacto; e, finalmente, T4 = constituído por árvores cujas copas e ponteiros não foram atacados pelos besouros (testemunha). Estas árvores testemunhas estavam localizadas no mesmo plantio e condições daquelas pertencentes aos demais tratamentos. Estes níveis de intensidade de ataque, já preconizados por Mazanec (1966) em *Eucalyptus delegatensis*, foram utilizados porque representam uma escala visual suficientemente fácil de ser usada nas condições de campo e já estava em uso no sistema de monitoramento da referida praga. Os desfolhamentos referentes à intensidade de $\frac{3}{4}$ ou mais da copa e do terço superior da copa (coroa) foram discriminados, imediatamente após o término do surto, através de avaliação e da comparação visual da altura total da copa das árvores atacadas com a altura das copas de árvores não atacadas e existentes na vizinhança.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições, porque o experimento estava localizado em terreno fortemente inclinado. As parcelas experimentais foram constituídas por grupos de 100 árvores e tiveram formato irregular devido à variação na intensidade de ataque entre árvores vizinhas. Para a formação das parcelas tomaram-se 10 árvores por linha, em 10 linhas de plantio, marcadas segundo um dos tratamentos descritos acima.

Aos 84 meses de idade da floresta procedeu-se à cubagem rigorosa de 10 árvores por parcela, seleccionadas de forma casual. As alturas (m) das seções do fuste para a realização da cubagem rigorosa foram: 0,1; 0,3; 0,7; 1,3; 3,3; 5,3; ...; e, assim sucessivamente, com incremento de dois metros em altura entre cada seção, até atingir a altura total (*Ht*) de cada árvore. Os dados da cubagem foram processados usando-se o *software* SIFCUB 2000 (Leite *et al.*, 2001) e, posteriormente, submetidos ao ajuste de funções de *taper*. Foram testados os modelos de Garay (1979) e de Baldwin e Feduccia (1991) para cada tratamento, utilizando a análise de resíduos para a confirmação do melhor ajuste, decidiu-se pelo emprego do modelo de Baldwin e Feduccia (1991) para todos os casos. De posse do ajuste deste modelo, procedeu-se o teste de identidade de modelos, conforme metodologia descrita por Leite e Oliveira (2002) visando identificar possíveis diferenças entre as equações por tratamento. O teste é baseado na estatística “F” proposta por Graybill (1976), na avaliação do erro médio e na análise do coeficiente de correlação, comparando-se sempre as árvores que sofreram injúrias com as árvores testemunhas.

A relação funcional referente ao modelo de Baldwin e Feduccia (1991) é:

$$\left(\frac{d}{dap}\right) = \beta_1 + \beta_2 \operatorname{Ln} \left[1 - \left(1 - e^{\frac{-\beta_1}{\beta_2}} \right) \left(\frac{h}{Ht} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

Em que:

d = diâmetro a uma altura qualquer do fuste (cm);

dap = diâmetro a 1,30m do solo (cm);

β_1 e β_2 = coeficientes da regressão;

Ln = logaritmo neperiano;

e = exponencial base 10;

h = altura qualquer no fuste onde foi avaliado o diâmetro (m); e,

Ht = altura total da árvore (m).

RESULTADOS

Ao ajustar o modelo de Baldwin e Feduccia (1991) obtiveram-se as equações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Equações de *taper* obtidas a partir do ajuste do modelo de Baldwin e Feduccia (1991) ajustado a partir de dados de cubagem rigorosa ($n=50$) para *Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes intensidades de ataque (Tratamento) por *Costalimaita ferruginea*. Pindamonhangaba, SP. Maio de 2003

Tratamento	Modelo de Baldwin e Feduccia (1991) ¹	r $\hat{y}y$
$\frac{3}{4}$ ou mais destruído	$(d/dap) = ((1,2159 + 0,4040 * \operatorname{Ln}(1 - (1 - e^{(-1,2159/0,4040)}) * (h/Ht)^{(1/3)})))$	0,99
Coroa e ponteiro destruídos	$(d/dap) = ((1,1967 + 0,3779 * \operatorname{Ln}(1 - (1 - e^{(-1,1967/0,3779)}) * (h/Ht)^{(1/3)})))$	0,99
Coroa destruída	$(d/dap) = ((1,2039 + 0,3867 * \operatorname{Ln}(1 - (1 - e^{(-1,2039/0,3867)}) * (h/Ht)^{(1/3)})))$	0,99
Testemunha	$(d/dap) = ((1,1809 + 0,3498 * \operatorname{Ln}(1 - (1 - e^{(-1,1809/0,3498)}) * (h/Ht)^{(1/3)})))$	0,99

¹Significativo a 5% de probabilidade; $Y=(d/dap)$ razão entre o diâmetro da seção a uma altura (h) e o dap ; (h/Ht) razão entre a altura (h) da seção onde foi medido o diâmetro (d) e a altura total da árvore (Ht).

Os resultados dos testes de identidade entre os modelos ajustados para os tratamentos com diferentes níveis de desfolhamento pelos besouros e a testemunha estão expressos na Tabela 2. Verifica-se que todas as três intensidades de ataque da praga sobre as árvores causaram aumentos significativos na conicidade do fuste das mesmas.

Tabela 2. Resultados das comparações entre diferentes intensidades de desfolhamentos em árvores de *Eucalyptus grandis* causados por *Costalimaita ferruginea* com as testemunhas para a conicidade do fuste, pelo teste L&O (Leite e Oliveira, 2002). Pindamonhangaba, SP. Maio de 2003

Y_1	Y_j	rY_jY_1	$F(H_0)$	$T\bar{e}$	$rY_jY_1 \geq 1-\bar{e} $	Conclusão
Testemunha $\frac{3}{4}$ ou mais destruído		0,999	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Testemunha Coroa e ponteiro destruídos		0,999	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Testemunha Coroa destruída		0,999	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Leite e Oliveira (2002); Y_1 , estimativas do *taper* do tratamento testemunha; Y_j , estimativas do *taper* dos tratamentos com desfolhamento pelos besouros; rY_jY_1 , coeficiente de correlação entre a testemunha e os demais tratamentos; $F(H_0)$, estatística F de Graybill (1976); $T\bar{e}$, teste de “t” para o erro médio da regressão; $rY_jY_1 \geq |1-\bar{e}|$, confirmação de baixa variância residual; e, conclusão, todos os modelos testados para os tratamentos são diferentes da testemunha.

As estimativas dos perfis médios das árvores de *E. grandis* geradas pelo modelo de Baldwin e Feduccia (1991), de acordo com as diferentes intensidades de desfolhamento causadas por *C. ferruginea*, estão na Figura 1.

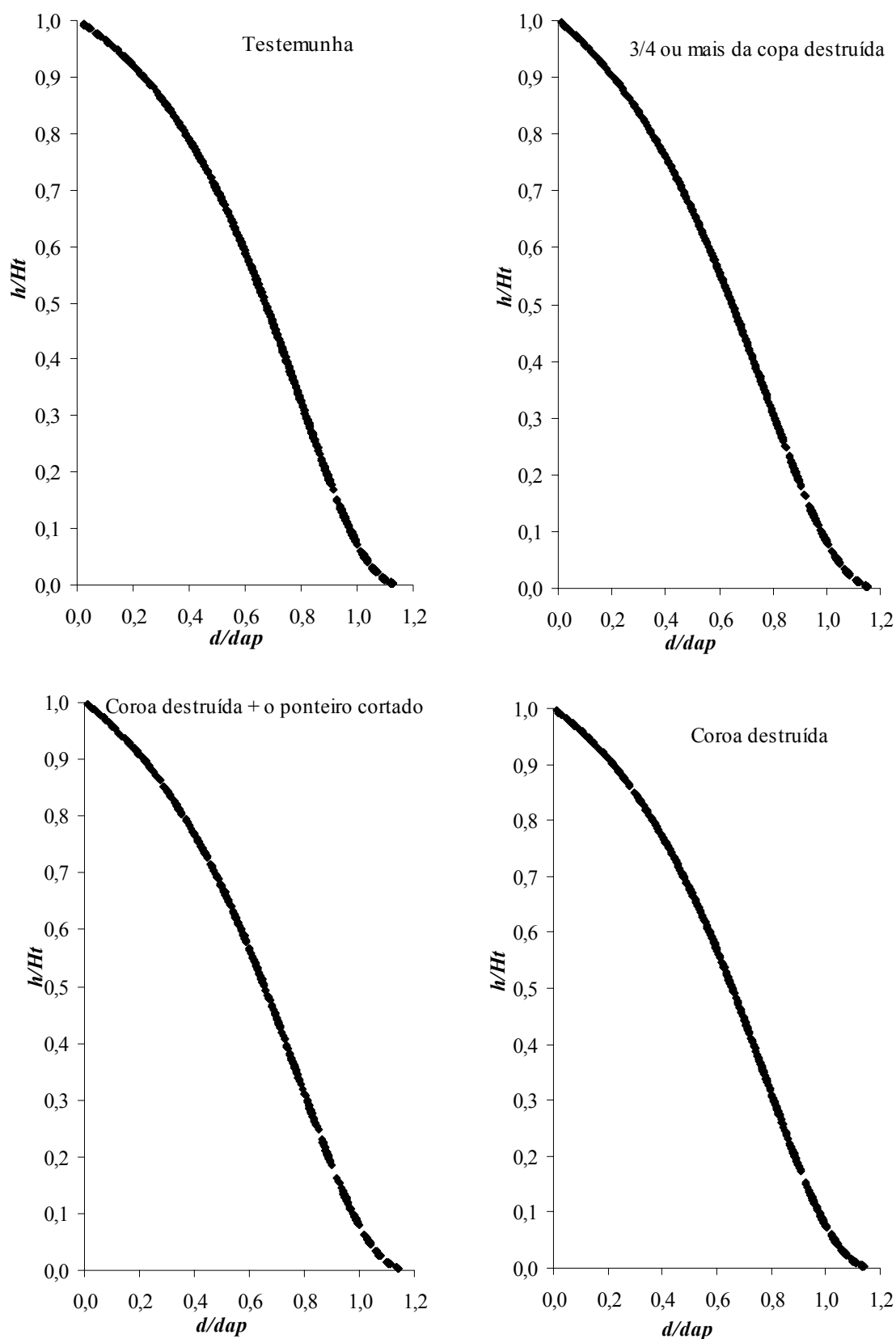


Figura 1. Estimativas dos perfis médios de árvores de *Eucalyptus grandis* com a aplicação do modelo de Baldwin e Feduccia (1991) segundo equações que constam na Tabela 1, de acordo com a intensidade de desfolhamento causado por *Costalimaita ferruginea*. Pindamonhangaba, SP. Abril de 1997 – Maio de 2003.

DISCUSSÃO

As possibilidades de deformações nas árvores e de alterações na forma do fuste foram mencionadas por Elek *et al.* (2000) e Anjos *et al.* (2002) que estudaram os efeitos dos desfolhamentos causados por besouros em eucaliptos. Os resultados obtidos dos ajustes dos modelos de *taper* no presente trabalho tornam evidentes as alterações do formato do fuste de *E. grandis* quando estes são atacados por *C. ferruginea* e, evidenciam, também, que as alterações na forma dos fustes são tanto maiores quanto maior for a intensidade de ataque da praga.

As equações de *taper* estimam o diâmetro numa altura qualquer do fuste da árvore ou então a altura para um dado diâmetro superior desejado (Campos e Leite, 2002). Os mesmos autores afirmaram que estudos de *taper* se baseiam em equações que permitem estimar o diâmetro em qualquer altura ao longo do fuste, a partir das variáveis altura total (*Ht*) e *dap*. Desta forma, servem também para estimar a altura onde um determinado diâmetro ocorre e o volume de partes do fuste, ou seja, servem para quantificar multiprodutos de madeira. Essas funções são aplicáveis quando existe uma definida regularidade no afilamento do diâmetro no perfil do fuste.

Segundo Campos e Leite (2002), um modelo de equação de *taper* pode resultar em estimativas consistentes para determinada espécie, mas não para outra. Pinkard e Neilsen (2003), que estudaram os efeitos da densidade de plantio em *Eucalyptus nitens*, verificaram que a densidade inicial de plantio e a espécie são fatores que exercem fortes influências na conicidade do fuste. As análises feitas por estes autores demonstraram que entre 1010, 1333 e 1667 árvores por hectare, o comportamento do *taper* foi semelhante, mas quando comparados dois sistemas com 500 e com 1667 árvores por hectare, as diferenças foram marcantes. Esta constatação restringe a aplicabilidade dos resultados a plantios de *E. grandis* com densidades de plantios próximas à do presente estudo. Neste caso, o modelo de Baldwin e Feduccia (1991) foi eficiente, sendo aplicável para florestas de *E. grandis*, em densidades de plantio próximas à estudada, 1333 árvores por hectare.

Uma hipótese que pode ser levantada para explicar a alteração do formato do fuste das árvores estudadas nesta avaliação foi mencionada por Muhairwe (1994) na qual os fustes das árvores tendem a ser mais cilíndricos quando houver maior quantidade delas por hectare. Niemistö (1995) constatou que o *taper* foi reduzido em área com maior quantidade de árvores do que naquelas com menos indivíduos para a

mesma espécie. Estas constatações podem explicar, em parte, o fato de que as árvores em que ocorreram as maiores intensidades de ataque da praga se tornaram mais cônicas do que aquelas em que nada ocorreu. De fato, conforme se poderá constatar no capítulo 3, a mortalidade de árvores nestas condições foi 3,7 vezes maior do que entre as árvores não atacadas por besouros.

Larson (1965) constatou que há uma forte influência do comprimento da copa viva na conicidade do fuste, sendo que, para árvores de mesmo porte, aquelas que têm maior comprimento de copa viva tendem a ser mais cônicas. Este pode ter sido mais um fator que contribuiu para a maior conicidade dos fustes de árvores atacadas pelos besouros, pois era evidente nestes indivíduos a retenção persistente de galhos anormalmente grossos na base do fuste das árvores, principalmente, naquelas que sofreram os maiores níveis de desfolhamento pela praga. Barthelemy *et al.* (1991) afirmaram que a arquitetura da copa das árvores depende do arranjo natural de suas partes e que, em dado momento, sua expressão depende do equilíbrio entre os processos endógenos de crescimento em conjunto com as pressões exercidas pelo ambiente. As folhas remanescentes pela retenção de galhos na base do fuste das árvores podem alterar a sua forma, pois Kramer e Kozlowski (1972) constataram que o crescimento cambial é altamente dependente da produção de folhas dos ramos localizados logo acima do seu ponto de inserção no tronco. Isso acontece porque, conforme mencionou Dickson (1991), ocorre um aumento da capacidade fotossintética da folhagem residual de árvores que passaram por desfolhamentos, o que, neste caso, deve ter ocorrido na base do fuste, resultando na maior conicidade do fuste de árvores atacadas e desfolhadas pelos besouros.

Essa constatação leva à hipótese de que pode ocorrer outro problema relacionado com a qualidade da madeira para serraria e faqueados ou laminação, pois haverá presença de nós de maior porte, na parte mais nobre do fuste e, conseqüentemente, da madeira. Segundo Assis (1999) e Vale *et al.* (2002), esta característica é indesejável quando se maneja a floresta para multiprodutos.

CONCLUSÕES

Os desfolhamentos causados por *C. ferruginea* às árvores de *E. grandis*, no primeiro ano após o plantio, nas três intensidades de ataque estudadas, influenciaram significativamente a forma do fuste.

A conicidade do fuste de *E. grandis* aumentou com o aumento da intensidade de injúrias a qual a árvore foi exposta, afetando a produção e a qualidade de madeira de maior valor agregado.

Florestas de eucalipto, principalmente, aquelas manejadas para a obtenção de multiprodutos de madeira tem que ser protegidas contra a ação de desfolhadores.

O cadastro florestal de áreas manejadas para multiprodutos de madeira deve contemplar registros de ataque de pragas, principalmente de desfolhadores, visando subsidiar o planejamento florestal em relação às previsões quantitativas e qualitativas referentes à produção de madeira de maior valor agregado.

Grandes áreas com ataque de desfolhadores devem ter equações de volume diferenciadas das demais, pois no presente estudo se pode comprovar que a forma do fuste é alterada em função do desfolhamento.

BIBLIOGRAFIA

- ANJOS, N., MAJER, J.D., LOCH, A.D. 2002. Spatial distribution of a chrysomelid leaf beetle (*Cadmus excrementarius* Suffrian) and potential damage in a *Eucalyptus globulus* subsp. *globulus* plantation. **Australian Forestry**, v.65, n.4, p.227-231.
- ASSIS, T.F. 1999. Aspectos do melhoramento de *Eucalyptus* para a obtenção de produtos sólidos da madeira. In: LELLES, J.G.; SILVA, J.C.; CARVALHO, A.M.M.L. (Eds.). Técnicas de abate, processamento e utilização da madeira de eucalipto. 1999, Viçosa. **Anais...**, Viçosa, UFV/DEF/SIF/IEF, p.61-72.
- BALDWIN, V.C.Jr., FEDUCCIA, D.P. 1991. Compatible tree-volume and upper-stem diameter equations for plantation Loblolly Pines in the West Gulf region. **Southern Journal of Applied Forestry**, v.15, n.2, p.92-97,
- BARTHELEMY, D., EDELIN, C., HALLÉ, F. 1991. Canopy architecture. In: RAGHAVENDRA, A. S. (Ed.). **Physiology of trees**. Hyderabad: John Wiley & Sons, p.1-21.
- CAMPOS, J.C.C., LEITE, H.G. 2002. **Mensuração florestal – perguntas e respostas**. Viçosa: UFV, 407p.
- DICKSON, R.E. 1991. Assimilate distribution and storage. In: RAGHAVENDRA, A.S. **Physiology of trees**. Hyderabad: John Wiley & Sons, p.51-85.
- ELEK, J., BASHFORD, R., CANDY, S. 2000. **Manual for managing leaf beetle defoliation in eucalypt plantations**. Forestry Tasmania, 53p.
- GARAY, L. A. 1979. A tree taper model for the entire stem profile including buttressing. **A tropical forest utilization system research report**, n.36, 64p.

- GRAYBILL, F.A. 1976. **Theory and application of the linear model**. Massachusets: Ouxburg Press, 704p.
- HUSCH, B, MILER, C.I., BEERS, T.W. 1972. **Forest mensuration**. New York, The Ronald Press, 410p.
- KRAMER, P.J., KOZLOWSKI, T.T. 1972. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 745p.
- LARSON, P.R. 1965. Stem form of young *Larix* as influenced by wind and pruning. **Forest Science**. v.11, p.412-424,
- LEITE, H.G., CAMPOS, J.C.C., ALVES, J.M. 2001. **SIFCUB 2000: Sistema de inventário florestal e cubagem. Manual do usuário**. Viçosa, 82p.
- LEITE, H.G., OLIVEIRA, F.H.T. 2002. Statistical procedure to test the identity of analitical methods. **Communications in Soil Science Plant Analysis**. New York. v.33 n.7e8, p.1105-1118.
- MENDES, J.E.P., ANJOS, N., CAMARGO, F.R.A. 1998. Monitoramento do besouro-amarelo. **Folha Florestal**, v.91, p.8-9.
- MUHAIRWE, C.K. 1994. Tree form and taper variation over time for interior lodgepole pine. **Canadian Journal of Forestry Research**. v.24, p.1904-1913.
- NIEMISTÖ, P. 1995. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (*Betula pendula*). **Scandinavian Journal of Forestry Research** v.10, p.235-244.
- OHMART, C.P., EDWARDS, P.B. 1991. Insect herbivory on eucalyptus. **Annual Review of Entomology**, v.36, p.637-657.
- PINKARD, E.A., NEILSEN, W.A. 2003. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implications for thinning. **Forest Ecology and Management**. v.172, p.215-227.
- VALE, R.S., MACEDO, R.L.G., VENTURIN, N., MORI, F.A., MORAIS, A.R. 2002. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore**. Viçosa. v.26, n.3, p.285-297.
- VALVERDE, S.R., SILVA, M.L., MACHADO, L.R. 1999. Contribuição da indústria florestal no desenvolvimento da economia brasileira: uma abordagem da matriz de insumo-produto. **Cerne**, v.5, n.2, p.41-50.

SOBREVIVÊNCIA DE ÁRVORES DE *Eucalyptus grandis* HILL ex MAIDEN ATACADAS POR *Costalimaita ferruginea* (FABR.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE)

RESUMO

Sendo os besouros desfolhadores as principais pragas de florestas de eucaliptos em vários países, é necessário conhecer as conseqüências do seu ataque. No Brasil, a principal espécie de besouro desfolhador de eucaliptos é *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae) e, portanto, as conseqüências do seu ataque sobre a sobrevivência das árvores precisam ser conhecidas, por ser informação de fundamental importância na prática do manejo integrado deste grupo de pragas. Neste contexto, o presente trabalho visou quantificar a mortalidade de árvores num plantio comercial jovem de *Eucalyptus grandis* sob diferentes intensidades de ataque de *C. ferruginea*. Por meio do ajuste de um modelo estatístico apropriado estimou a sobrevivência das árvores, em função do tempo e das intensidades de injúrias causadas pela praga. Todas as intensidades de estragos causados pelos besouros influenciaram significativamente na sobrevivência das árvores, mas esta sobrevivência diminuiu em função do aumento no tempo decorrido após o ataque e do aumento na intensidade dos estragos.

PALAVRAS CHAVES: besouro desfolhador, eucalipto, praga florestal.

INTRODUÇÃO

Uma conseqüência direta do ataque de pragas, incluindo os besouros desfolhadores, às florestas de eucaliptos é a morte das árvores (Kulman, 1971 e Mattson e Addy, 1975). Taxas de mortalidade diferenciadas em função das intensidades dos desfolhamentos em coníferas foram constatadas por Shepherd (1994). Um elevado índice de árvores de *Eucalyptus delegatensis* mortas em função do ataque de *Didymuria violescens* (Phasmatidae) foi registrado por Mazanec (1967). Oda e Berti filho (1978) não verificaram mortalidade em árvores de *Eucalyptus saligna* com idades entre 2,5 e 3,5 anos, mesmo quando totalmente desfolhadas por lagartas de *Thyrintina arnobia* (Lep.: Geometridae), um ano após a desfolha. No entanto, Anjos *et al.* (1987)

constatarem índices variáveis entre 16 e 42% para a mortalidade de diversas espécies de eucalipto causadas por desfolhamentos pela mesma lagarta, seis meses após os desfolhamentos das árvores. Estes autores constataram que o desfolhamento severo durante oito meses, em plantios de eucalipto, com dois anos de idade, causou a mortalidade de 6,38% das árvores. Outra informação relatada por eles é a de que o aumento da mortalidade em *E. grandis* com 100% de desfolhamento causado por estas lagartas, aos seis meses de idade, foi de 99,3%, dois meses após o ataque. Já Mendes Filho (1979) afirmou que árvores de *Eucalyptus* spp. podem morrer se sofrerem três desfolhamentos consecutivos, enquanto Nautiyal e Waters (1975) mencionaram que as árvores podem morrer após um desfolhamento severo. Estas informações comprovam a heterogeneidade dos resultados e de suas interpretações em relação à mortalidade de árvores em relação ao desfolhamento.

A mortalidade de mudas e de árvores de eucalipto em função de desfolhamentos causados por pragas já foi alvo de diversos estudos abordados por Dickson (1991), entre outros autores. A maioria deles, apenas mencionou a quantidade ou percentagem de plantas mortas e, em alguns casos, estas informações estavam associadas aos níveis de desfolhamentos causados pelas pragas ou ao nível e frequência com que os desfolhamentos ocorreram. Ainda assim, as informações existentes são bastante conflitantes, pois, segundo o próprio Dickson (1991), os efeitos dos desfolhamentos são muito variáveis e influenciados por fatores intrínsecos e extrínsecos às árvores, como, por exemplo, o potencial genético dos materiais e a natureza das condições climáticas.

Summers e Burgess (1933) desenvolveram um modelo para estimar as perdas causadas por insetos desfolhadores na produção de madeira em floresta de coníferas, onde um dos elementos chave para estas perdas foi a mortalidade das árvores.

Com base nas informações a respeito das consequências de ataques de desfolhadores sobre a sobrevivência das árvores de eucalipto no Brasil, tornam-se necessários novos estudos a este respeito, pois a morte de árvores em plantios florestais pode ser considerada como o maior prejuízo possível de ser causado pelas pragas, uma vez que a perda individual, neste caso, não oferece nenhuma alternativa de recuperação. Baseado nas afirmações de que conhecer as taxas de mortalidade permite ao manejador avaliar o melhor potencial da floresta e decidir por alguma estratégia de manejo vantajosa, e que o conhecimento destas taxas é fator de grande relevância para a modelagem de produção e prognose (Campos e Leite, 2002), o presente trabalho teve como objetivo quantificar a mortalidade de árvores em plantio comercial de *E. grandis* com diferentes intensidades de ataque por *C. ferruginea* e ajustar um modelo

estatístico para prever a lotação futura de acordo com os índices de sobrevivência.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado num reflorestamento de *Eucalyptus grandis*, procedência Santa Maria, plantado a partir de mudas seminais, conforme descrito no capítulo 1.

Para avaliar a sobrevivência, árvores do local do surto foram identificadas quanto aos níveis de intensidade de injúrias correspondentes aos seguintes tratamentos: T1 = constituído por árvores que tiveram $\frac{3}{4}$ ou mais da sua copa destruída pelos besouros; T2 = constituído por árvores com a coroa da copa (terço superior da copa) destruída e mais o ponteiro principal cortado pelos besouros; T3 = constituído por árvores com apenas a coroa da copa destruída, porém com o ponteiro principal intacto; e, finalmente, T4 = constituído por árvores cujas copas e ponteiros não foram atacados pelos besouros (testemunha). Estas árvores testemunhas estavam localizadas no mesmo plantio, local e condições das pertencentes aos demais tratamentos. Estes níveis de intensidade de ataque, já preconizados por Mazanec (1966) em *Eucalyptus delegatensis*, foram utilizados porque representam uma escala visual suficientemente fácil de ser usada nas condições de campo e já estava em uso no sistema de monitoramento da referida praga. Os desfolhamentos referentes à intensidade de $\frac{3}{4}$ ou mais da copa e do terço superior da copa (coroa) foram discriminados, imediatamente após o término do surto, através de avaliação e da comparação visual da altura total da copa das árvores atacadas com a altura das copas de árvores não atacadas e existentes na vizinhança.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições, visando controlar uma possível influência do local, uma vez que o relevo regional é fortemente ondulado. As parcelas experimentais foram constituídas por grupos de 100 árvores e tiveram formato irregular devido à variação na intensidade de ataque entre árvores vizinhas. Para a formação das parcelas tomaram-se 10 árvores por linha, em 10 linhas de plantio, marcadas segundo um dos tratamentos (intensidades de ataque) descritos. Cada árvore recebeu uma identificação metálica, presa ao tronco por um fio de arame galvanizado contendo o número da árvore, da repetição e do tratamento a que pertencia. Depois de adultas, as árvores receberam um reforço de marcação com tinta branca a cada avaliação para facilitar a localização e identificação.

As quatro primeiras avaliações foram feitas a cada quatro meses, iniciadas no terceiro mês após o término do surto, quando a floresta tinha 12 meses de idade.

Após este período os intervalos entre as avaliações passaram para cerca de 12 meses. As árvores foram classificadas como viva, morta ou falha (sendo as falhas, árvores que morreram em avaliações anteriores) aos 12, 17, 21, 25, 33, 45, 57, 69 e 84 meses de idade da floresta, quantificando-se assim a sobrevivência das árvores em todas as ocasiões, de acordo com os tratamentos de interesse.

A partir das quantidades de árvores remanescentes por parcela em avaliações consecutivas, ajustaram-se ($p \leq 0,05$) equações com base no modelo proposto por Pienaar e Schiver (1981) para estimar a sobrevivência de árvores em parcelas fixas, de acordo com os níveis de ataque da praga. De posse das estimativas geradas por estas equações efetuou-se o teste de identidade de modelos, conforme metodologia descrita por Leite e Oliveira (2002), para identificar possíveis diferenças entre os tratamentos. Este teste se baseia na estatística “F” proposta por Graybill (1976), na avaliação do erro médio e na análise do coeficiente de correlação linear, comparando-se sempre as árvores que foram desfolhadas com as árvores testemunhas. A equação do modelo de Pienaar e Schiver (1981), é:

$$N_2 = N_1 * e^{[-\beta_0 * (I_2^{\beta_1}) - (I_1^{\beta_1})]} * \varepsilon$$

Onde:

N_2 = Quantidade de árvores vivas por hectare numa idade futura I_2 ;

N_1 = Quantidade de árvores vivas por hectare numa idade qualquer I_1 ;

I_1 e I_2 = idades quaisquer, anterior e posterior, respectivamente;

β_i = parâmetros de regressão, com ($i = 0$ e 1); e

ε_i = erro aleatório.

RESULTADOS

O ajuste dos modelos usados para estimar a sobrevivência das árvores em plantio de *E. grandis* sob diferentes intensidades de ataque por *C. ferruginea* estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Modelo de regressão para estimativas de sobrevivência, coeficientes ajustados para a regressão e coeficiente de correlação linear simples dos modelos ajustados para sobrevivência de árvores de *Eucalyptus grandis* em função de diferentes intensidades de danos causados por *Costalimaita ferruginea* às copas das árvores e da idade do povoamento. Pindamonhangaba – SP, abril/1997 – maio/2003

Tratamento	Modelo ¹	r _{ŷy}
¾ ou mais da copa destruída	$N_2 = N_1 * e^{(-0,001031*((I_2^{1,135642}) - (I_1^{1,135642})))} * \epsilon_i$	0,940
Coroa e ponteiro destruídos	$N_2 = N_1 * e^{(-0,000027*((I_2^{1,869894}) - (I_1^{1,869894})))} * \epsilon_i$	0,840
Coroa destruída	$N_2 = N_1 * e^{(-0,000184*((I_2^{1,346201}) - (I_1^{1,346201})))} * \epsilon_i$	0,929
Testemunha	$N_2 = N_1 * e^{(-0,001652*((I_2^{0,755164}) - (I_1^{0,755164})))} * \epsilon_i$	0,931

¹Significativo a 5% de probabilidade e, r_{ŷy}, coeficiente de correlação linear entre Y estimado e Y observado.

Os resultados dos testes de identidade, conforme preconizado por Leite e Oliveira (2002), entre os modelos ajustados para os tratamentos com desfolhamento causado pelos besouros e a testemunha (não atacada pelos besouros), estão expressos na Tabela 2. Verifica-se que todas as intensidades de ataque da praga sobre as árvores causaram reduções significativas na sobrevivência das mesmas.

Tabela 2. Resultados das comparações entre diferentes intensidades de desfolhamento em árvores de *Eucalyptus grandis* causadas por *Costalimaita ferruginea* com as testemunhas (árvores não atacadas pelos besouros) para a sobrevivência das árvores por hectare, de acordo com a idade do povoamento, pelo teste de identidade de modelos L&O (Leite e Oliveira, 2002). Pindamonhangaba – SP, abril/1997 – maio/2003

Y_1	Y_j	rY_jY_1	F(H ₀)	Tê	$rY_jY_1 \geq 1 - \bar{e} $	Conclusão
Testemunha	¾ ou mais destruído	0,9974	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Testemunha	Coroa e ponteiro destruídos	0,9756	*	*	Não	$Y_j \neq Y_1$
Testemunha	Coroa destruída	0,9920	*	*	Sim	$Y_j \neq Y_1$

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Leite e Oliveira (2002); Y_1 , estimativas da sobrevivência do tratamento testemunha; Y_j , estimativas da sobrevivência dos tratamentos com desfolhamento pelos besouros; rY_jY_1 , coeficiente de correlação entre a testemunha e os demais tratamentos; F(H₀), estatística F de Graybill (1976); Tê, teste de “t” para o erro médio da regressão; $rY_jY_1 \geq |1 - \bar{e}|$, confirmação de baixa variância residual para confirmação da segurança do teste F; e, conclusão, todos os modelos testados para os tratamentos são diferentes da testemunha.

Na Tabela 3, observam-se as percentagens de mortalidade obtidas a partir das estimativas dos modelos estatísticos referentes à sobrevivência das árvores de *E. grandis* sob diferentes intensidades de ataque de *C. ferruginea*, conforme ajuste descrito na Tabela 1. Na Figura 1, verifica-se a representação gráfica destes modelos de

sobrevivência para o povoamento em questão de acordo com as intensidades de ataque da praga.

Tabela 3. Mortalidade percentual estimada a partir dos ajustes do modelo de Pienaar e Schiver (1981) para quantificar a sobrevivência de árvores de *Eucalyptus grandis*, de acordo com a idade da floresta e com diferentes intensidades de ataque por *Costalimaita ferruginea*. Pindamonhangaba, SP, abril/1997 – maio/2003

Tratamento	Mortalidade percentual aos 84 meses de idade*
¾ ou mais da copa destruída	13,12%
Coroa e ponteiro destruídos	9,82%
Coroa destruída	6,42%
Testemunha	3,55%

* Dados de mortalidade obtidos a partir das estimativas dos modelos estatísticos referentes à sobrevivência das árvores de *E. grandis* sob diferentes intensidades de ataque de *C. ferruginea*, conforme Tabela 1.

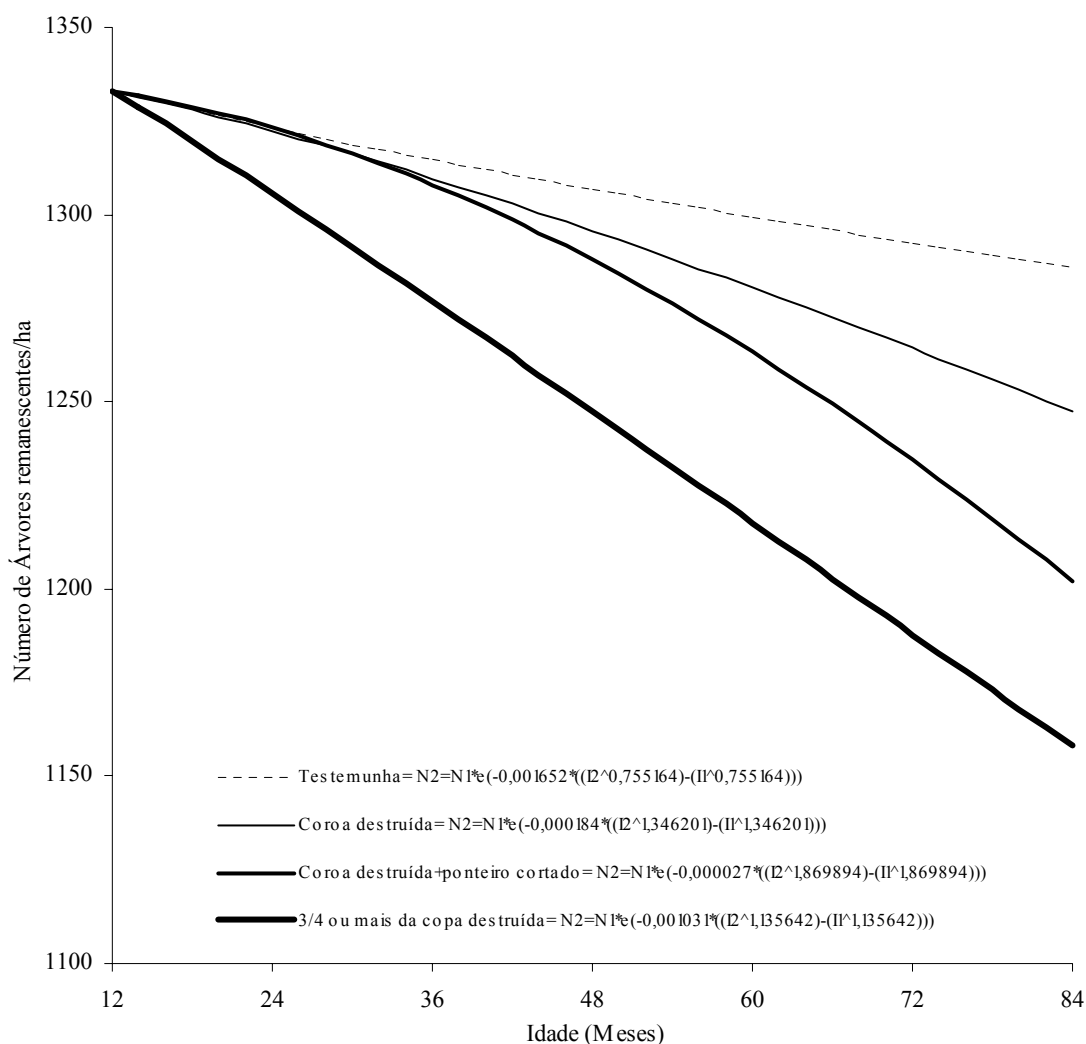


Figura 1 - Valores médios ($n = 500$) da sobrevivência de árvores de *Eucalyptus grandis*, estimados pelo modelo de Pienaar e Schiver (1981), em função da intensidade de ataque por *Costalimaita ferruginea* e da idade de plantio. Pindamonhangaba, SP, abril/1997 – maio/2003.

DISCUSSÃO

Pela análise da Figura 1, desenvolvida a partir dos modelos estatísticos apresentados na Tabela 1, pode-se observar que há aumento de mortalidade com o tempo em todos os tratamentos. Isso se deve a um fator intrínseco das árvores e dos povoamentos florestais, podendo ser causada por competição, fatores genéticos e senescência (Campos e Leite, 2002). Por causa disso, ocorreu, também, nas árvores não atacadas pela praga (árvores testemunhas), sendo chamada, pelos mesmos autores, de mortalidade do “tipo regular”. Entretanto, as diferenças de magnitude destes aumentos de mortalidade são facilmente notadas entre as intensidades de desfolhamento causadas pelos besouros. Isto evidencia a influência direta do ataque da praga sobre a sobrevivência das árvores, sendo considerada por Campos e Leite (2002) como mortalidade do “tipo irregular”, causada por fatores exógenos.

Normalmente, as mortalidades causadas por desfolhadores em eucaliptos são associadas a desfolhamentos severos (Candy *et al.* 1992) ou então, àqueles freqüentes, onde as mesmas plantas hospedeiras são vitimadas pelas pragas por mais de uma vez seguida (Cremer, 1973). Repetidos desfolhamentos às árvores podem levar a uma drástica redução do número de gemas viáveis, morte de ramos e, conseqüentemente, a morte das árvores (Wargo, 1981; Heichel e Turner, 1984), ratificando as afirmações feitas por Cremer (1973) e por Mendes Filho (1979) de que desfolhamentos sucessivos levariam as árvores vitimadas à morte.

Os resultados obtidos no presente estudo comprovam que existe, também, a influência de intensidades intermediárias de desfolhamento, como a coroa destruída ou a coroa destruída e o ponteiro cortado, sobre a mortalidade das árvores de *E. grandis*. Isso contraria estudos já realizados (Readshaw e Mazanec, 1969; Kulman, 1971), nos quais se constataram que a mortalidade de árvores desfolhadas ocorreu apenas associada a ataques altamente severos.

Nault e Kennedy (1998) demonstraram que o método de análise estatística usado pode ser determinante na discriminação de diferenças entre tratamentos quando se estuda a mortalidade causada por herbívoros e que, neste sentido, a regressão pode ser mais sensível do que os testes de médias. O tempo de acompanhamento das conseqüências pode ser outro fator determinante na discriminação de diferenças entre tratamentos, pois, na grande maioria dos casos, o tempo de avaliação é relativamente curto, após a ocorrência do desfolhamento. Assim, constata-se a partir da análise

visual da Figura 1, que prazos inferiores a três anos após o desfolhamento podem ser insuficientes para detectar efeitos das menores severidades de ataque na sobrevivência das árvores, os quais se manifestaram claramente depois de períodos maiores de observação. Isso, provavelmente, acontece porque o processo de competição entre as árvores ocorre, segundo Campos e Leite (2002), com o aumento da idade do povoamento florestal. O processo de competição é iniciado a partir da sobreposição de zonas de influência de duas ou mais árvores, sendo a zona a área na qual uma árvore obtém os fatores de crescimento e produção (Campos e Leite, 2002). Árvores desfolhadas podem sofrer alterações na arquitetura da copa (Barthelemy *et al.* 1991). Tais alterações foram constatadas em eucalipto desfolhado por besouros (Elek *et al.*, 2000; Lanfranco e Dungey, 2001; Anjos *et al.* 2002a e 2002b). De forma geral, essas alterações de arquitetura da copa, causadas por ataques de besouros, podem ser o mecanismo causador do início precoce do processo de competição entre árvores vizinhas, antecipando a sobreposição de zonas de influência, acelerando os processos de competição e aumento das taxas de mortalidade de povoamentos com estas características.

No capítulo 1, verificou-se que o ataque de *C. ferruginea* sobre as árvores de *E. grandis*, foi altamente prejudicial ao crescimento das árvores e à produção do povoamento em questão. Apesar de não estar explícita a influência da mortalidade nos impactos sobre a produção, parte das perdas está relacionada ao aumento da mortalidade das árvores desfolhadas pela praga.

Neste sentido, as mortalidades verificadas no presente estudo, que foram: 1,8; 2,8 e 3,7 vezes maiores que as das árvores testemunhas, para aquelas árvores que tiveram apenas a coroa destruída, a coroa e ponteiro destruídos e $\frac{3}{4}$ ou mais da copa destruída, respectivamente. As grandezas percentuais expressas na Tabela 3, atingiram o valor máximo de 13,12% para a maior intensidade de ataque da praga, aos sete anos de idade. Entretanto, taxa de mortalidade ao nível de 83%, o que pode ser considerada como muito alta, em plantios de *E. delegatensis*, desfolhados durante dois anos por *D. violescens*, já tinha sido encontrada por Mazanec (1967), cinco anos após o ataque da praga. Estes índices não devem ser aceitos pelo manejador florestal porque representam perdas excessivas na produção final do povoamento, conforme demonstrado no capítulo 1. Contudo, os resultados encontrados no presente trabalho estão dentro dos limites constatados por Anjos *et al.* (1987) em plantios de *Eucalyptus* spp. desfolhados por *T. arnobia*. Essas elevadas taxas de mortalidade podem estar relacionadas com o clima da

região onde estes autores trabalharam, uma vez que é conhecida a existência de déficit hídrico acentuado em tal região.

Schowalter *et al.* (1986) mencionaram que um dos graves efeitos da herbivoria sobre as árvores é o forte estresse causado às mesmas, podendo ter reflexos no longo prazo e aumentar a predisposição destas a outros fatores de mortalidade, como a seca, extremos de temperatura, doenças e ataques de pragas secundárias, além de diminuir a sua habilidade na competição pelos fatores de crescimento (água, luz e nutrientes). Segundo Dickson (1991), o princípio básico de alocação de recursos pelos vegetais (princípio fonte-dreno) é muito influenciado pelo desfolhamento, pois o consumo energético das árvores se torna fortemente voltado para a reposição e expansão da folhagem nova, deixando de alocar recursos para o crescimento e para favorecer a árvore no processo competitivo. O mesmo autor afirmou que este tipo de re-alocação de recursos pode causar um desequilíbrio estrutural e fisiológico muito grande nos indivíduos submetidos a este tipo de pressão, podendo causar efeitos drásticos no desenvolvimento e conseqüentemente na sobrevivência destas árvores.

Bassman e Dickmann (1982) e Tschaplinski e Blake (1989) afirmaram que o padrão de resposta mais comum em árvores pós-desfolhamento é a diminuição de alocação de recursos para o crescimento de ramos localizados na parte baixa do tronco e para o crescimento das raízes, pois estes recursos são mobilizados para a reposição da folhagem e para o crescimento de ramos laterais, podendo inclusive, causar a perda de dominância apical. É possível que tal fenômeno tenha ocorrido no caso presente, pois conforme apresentado no capítulo 1, verificou-se reduções significativas no crescimento em altura das árvores, o que pode ter resultado na diminuição da habilidade competitiva e, conseqüentemente, na sobrevivência das mesmas. Deve-se salientar, ainda, que Ceulemans e Sagier (1991) afirmaram que árvores são dependentes de luz para realizar fotossíntese, sobreviver e crescer, acrescentando ainda que a exposição à luz é o principal fator que governa a sucessão ecológica.

Uma das respostas das plantas ao desfolhamento por herbívoros é a produção de compostos de defesa anti-herbívoros (Coley *et al.*, 1985), o que pode significar um gasto extra de energia que poderia estar sendo mobilizada para a re-estruturação e crescimento da planta. Dickson (1991) afirmou que respostas específicas ao desfolhamento podem ser altamente variáveis, principalmente em função da constituição genética do indivíduo, do seu estado fisiológico e da sua quantidade de reservas. O autor também afirmou que o desfolhamento pode desencadear muitos fatores de estresse como, por exemplo, a baixa quantidade de reservas nas raízes e

ramos, tornando a árvore mais suscetível a extremos de temperatura. A diminuição da quantidade de raízes aumenta a suscetibilidade ao estresse hídrico, aumentando também a suscetibilidade ao apodrecimento das raízes e à colonização por patógenos (Gregory *et al.* 1986), podendo causar o declínio progressivo e a morte das árvores (Wargo e Montgomery, 1983).

O estado sanitário da planta à época do desfolhamento é de vital importância na recuperação da mesma, pois plantas estressadas que sofrem desfolhamento são mais suscetíveis à morte (Bassman *et al.* 1982), em função da sua baixa capacidade de recuperação. No caso em estudo, as plantas não apresentavam sintomas visuais de qualquer tipo de estresse antes ou durante o ataque, o que indica que os efeitos do desfolhamento poderiam ter sido ainda mais drásticos se a floresta atacada estivesse passando por um momento de estresse. Outros fatores que devem ser levados em consideração são a idade, o porte da planta e a quantidade de reservas nela armazenadas, pois plantas de pequeno porte ou com baixo estoque de reservas deverão ter menor êxito na sobrevivência após o desfolhamento.

A época em que o desfolhamento ocorre também exerce grande influência na capacidade de recuperação das árvores (Freitas e Berti Filho, 1994), pois, em época seca, a brotação das gemas, principalmente as que estão dormentes, é dificultada, diminuindo a possibilidade de surgimento de novos ramos, fazendo com que a planta dependa apenas das suas reservas para manter o seu metabolismo.

CONCLUSÕES

O aumento da mortalidade das árvores de *E. grandis* foi diretamente proporcional às injúrias causadas por *C. ferruginea* às copas no período de 7 a 9 meses de idade de plantio.

A sobrevivência das árvores diminuiu com o aumento da idade do povoamento. Esta diminuição é proporcional ao nível de desfolhamento causado pela praga.

Estudos para avaliar a mortalidade irregular de árvores, como aquelas causadas devido ao desfolhamento por besouros, devem ser realizados por tempos suficientemente longos para se ter uma melhor compreensão das suas conseqüências.

Modelos de sobrevivência de árvores em povoamentos florestais, gerados através de avaliações periódicas em parcelas fixas, devem ser de grande valia na tomada de decisões em empreendimentos florestais.

BIBLIOGRAFIA

- ANJOS, N., SANTOS, G.P., ZANUNCIO, J.C. 1987. A lagarta parda, *Thyriniteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae) desfolhadora de eucaliptos. **Boletim Técnico EPAMIG**, v.25, p.1-56.
- ANJOS, N.; MAJER, J.D.; LOCH, A.D. 2002a. Occurrence of the eucalypt leaf beetle, *Cadmus excrementarius* Suffrian (Coleoptera: Chrysomelidae: Cryptocephalinae), in Western Australia. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v.85, p.159-162.
- ANJOS, N.; MAJER, J.D.; LOCH, A.D. 2002b. Spatial distribution of a chrysomelid leaf beetle (*Cadmus excrementarius* Suffrian) and potential damage in a *Eucalyptus globulus* subsp. *globulus* plantation. **Australian Forestry**, v.65, n.4, p.227-231.
- BARTHELEMY, D., EDELIN, C., HALLÉ, F. 1991. Canopy architecture. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.). **Physiology of trees**. Hyderabad: John Wiley & Sons, p. 1-21.
- BASSMAN, J.H., DICKMANN, D.I. 1982. Effects of defoliation in the developing leaf zone on young *Populus euramericana* plants. I. Photosynthetic physiology, growth and dry weight partitioning. **Forest Science**, v.28, p.599-612.
- BASSMAN, J.H., MYERS, W., DICKMANN, D., WILSON, L. 1982. Effects of simulated insect damage on early growth of nursery-grown hybrid poplars in northern Wisconsin. **Canadian Journal of Forestry Research**, v.12, p.1-9.
- CAMPOS, J.C.C., LEITE, H.G. 2002. **Mensuração florestal – perguntas e respostas**. Viçosa: UFV, 407p.
- CANDY, S.G., ELLIOTT, H.J., BASHFORD, R. 1992. Modelling the impact of defoliation by the leaf beetle, *Chrysophtharta bimaculata* (Coleoptera: Chrysomelidae) on height growth of *Eucalyptus regnans*. **Forest Ecology and Management**, v.54, p.69-87.
- CEULEMANS, R.J., SAUGIER, B. 1991. Photosynthesis. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.). **Physiology of trees**. Hyderabad: John Wiley & Sons, p.21-50.
- COLEY, P.D., BRYANT, J.P., CHAPIN, F.S. 1985. Resource availability and plant anti-herbivore defense. **Science**, v.230, p.895-899.
- CREMER, K.W. 1973. Ability of *Eucalyptus regnans* and associated evergreen hardwoods to recover from cutting or complete defoliation in different seasons. **Australian Forest Research**, v.6, n.2, p.9-22.
- DICKSON, R.E. Assimilate distribution and storage. 1991. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.). **Physiology of trees**. Hyderabad: John Wiley & Sons, p.51-85.
- ELEK, J., BASHFORD, R., CANDY, S. 2000. **Manual for managing leaf beetle defoliation in eucalypt plantations**. Forestry Tasmania, 53p.

- FREITAS, S., BERTI FILHO, E. 1994. Efeito do desfolhamento no crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (Myrtaceae). **IPEF**, n.47, p.36-43.
- GRAYBILL, F.A. 1976. **Theory and application of the linear model**. Massachusetts: Ouxburg Press, 704p.
- GREGORY, R.A., WILLIAMS, M.W.Jr., WONG, B.L., HAWLEY, G.J. 1986. Proposed scenario for dieback and decline for *Acer saccharum* in northeastern U.S.A. and southeastern Canada. **IAWA Bulletin**, v.7, p.357-369.
- HEICHEL, G.H., TURNER, N.C. 1984. Branch growth and leaf numbers of red maple (*Acer rubrum* L.) and red oak (*Quercus rubra* L.): Response to defoliation. **Oecologia**. v.62, p.1-6.
- KULMAN, H.M. 1971. Effect of insect defoliation on growth and mortality of trees. **Annual Review of Entomology**, v.16, p.289-324.
- LANFRANCO, D., DUNGEY, H.S. 2001. Insect damage in *Eucalyptus*: a review of plantations in Chile. **Austral Ecology**, v.26, p.477-481.
- LEITE, H.G., OLIVEIRA, F.H.T. 2002. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in Soil Science Plant Analysis**. New York. v.33 n.7e8, p.1105-1118.
- MATTSON, W.J., ADDY, N.D. 1975. Phytophagous insects as regulators of forest primary production. **Science**, v.190, n.4214, p.515-522.
- MAZANEC, Z. 1967. Mortality and diameter growth in mountain ash defoliated by phasmatids. **Australian Forestry**, v.31, p.221-223.
- MENDES FILHO, J.M.A. 1979. Técnicas de combate à formiga. **Circular Técnica IPEF**, v.75, p.1-19.
- NAULT, B.A., KENNEDY, G.C. 1998. Limitations of using regression and mean separation analyses for describing the response of crop yield to defoliation: a case study of the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on potato. **Journal of Economic Entomology**, v.91, n.1, p.7-20.
- NAUTIYAL, J.C., WATERS, W.E. 1975. Evaluating impacts of damaging insects and diseases. In: **FAO World Technical Consultation on Forest Diseases and Insects**, 2, 1975, New Delhi. **FAO World...** New Delhi: FAO, p.8-10.
- ODA, S., BERTI FILHO, E. 1978. Incremento anual volumétrico de *Eucalyptus saligna* em áreas com diferentes níveis de infestação de lagartas de *Thyrintina arnobia* (Stoll, 1782) (Lep.: Geometridae). **IPEF**, v.17, p.27-31.
- PIENAAR, L.V., SCHIVER, B.D. 1981. Survival functions for site prepared slash pine plantations in the flat woods of Georgia Northern Florida. **Southern Journal of Forestry**, v.5, n.2, p.59-62.
- READSHAW, J.L., MAZANEC, Z. 1969. Use of growth rings to determine past phasmatid defoliations of Alpine Ash Forests. **Australian Forestry**, v.33 n.1, p.29-36.

- SCHOWALTER, T.D., HARGOVE, W.W., CROSSLEY JUNIOR., D.A. 1986. Herbivory in forested ecosystems. **Annual Review of Entomology**, v.31, p.177-196.
- SHEPHERD, R.F. 1994. Management strategies for forest defoliators in British Columbia. **Forest Ecology and Management**, v.68, p.303-324.
- SUMMERS, J.N., BURGESS, A.F. 1933. A method of determining losses to forests caused by defoliation. **Journal of Economic Entomology**, v.26, p.51-54.
- TSCHAPLINSKI, T.J., BLAKE, T.J. 1989. Photosynthetic reinvigoration of leaves following shoot decapitation and accelerated growth of coppice shoots. **Physiology of Plant**. v.75, p.157-165.
- WARGO, P.M. 1981. Defoliation and tree growth. *In*: DOANE, C.C., McMANUS, M.L. (Eds.) **The Gypsy Moth: Research Toward Integrated Pest Management**. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, p.225-240.
- WARGO, P.M., MONTGOMERY, M.E. 1983. Colonization by *Armillaria mellea* and *Agrillus bilineatus* of oaks injected with ethanol. **Forest Science**, v.29, p.848-857.

CONCLUSÕES GERAIS

- O ataque de *Costalimaita ferruginea* foi altamente prejudicial ao desenvolvimento das árvores de *Eucalyptus grandis*.

- Intensidades de desfolhamento por *C. ferruginea* superiores ao terço apical de plantas de *E. grandis*, foram suficientes para causar prejuízos significativos a estas árvores.

- O crescimento e a produção de árvores e do povoamento comercial de *E. grandis* foram afetados pelo desfolhamento por *C. ferruginea*.

- A forma do fuste de árvores de *E. grandis* foi alterada de forma negativa, tornando as árvores mais cônicas, de acordo com o aumento da intensidade de ataque da praga.

- A sobrevivência de árvores de *E. grandis* atacadas por *C. ferruginea* diminuiu com o tempo e com o aumento da intensidade de ataque da praga.

- Os prejuízos causados por *C. ferruginea* em povoamento de *E. grandis* foram altamente expressivos e, assim, este besouro desfolhador pode ser considerado como uma praga desta espécie de eucalipto.