

Nota Científica

Dinâmica de crescimento de plantios jovens de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*

Sebastião do Amaral Machado¹, Marco Aurélio Figura¹, Luís César Rodrigues da Silva¹, Rodrigo Geroni Mendes Nascimento¹, Sandra Mara dos Santos Quirino¹, Saulo Jorge Téó¹.

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curso de Engenharia Florestal, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, PR, samachado@ufpr.br; figura_floresta@hotmail.com; nabravomova@hotmail.com; geronimendes@hotmail.com; smarados@hotmail.com; sauloteo@yahoo.com.br

Resumo - Este estudo objetivou investigar o ritmo de crescimento mensal de plantios jovens de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze e *Pinus taeda* L., ao longo do ano vegetativo, e estabelecer suas correlações com variáveis climáticas. Foram feitas medições mensais de diâmetro e altura total em dois plantios de *P. taeda* e um de *A. angustifolia*. Matrizes de correlação entre os incrementos correntes mensais e as variáveis climáticas indicaram que o fotoperíodo e as temperaturas mínima, média e máxima são as que mais afetaram o desenvolvimento de *P. taeda*, enquanto que temperaturas mínima e média foram as que exerceram maior efeito sobre o crescimento de *A. angustifolia*.

Termos para indexação: Crescimento mensal, variáveis climáticas, análise de agrupamento.

Growth dynamics of young trees of *Araucaria angustifolia* and *Pinus taeda*

Abstract - The objective of this research was to investigate the monthly growth rhythm of young trees of *Araucaria angustifolia* and *Pinus taeda* throughout the vegetative year and to establish its correlation with climatic variables. Monthly measurements of diameter and total height were carried out in one stand of *A. angustifolia* and two of *Pinus taeda*. Correlation matrices among the current monthly increments and the climatic variables indicated that the development of *Pinus taeda* is mostly affected by photoperiod and by minimum, average, and maximum temperatures, while *A. angustifolia* growth is affected mostly by minimum and average temperatures.

Index terms: Monthly growth, climatic variables, correlation matrix, cluster analysis.

É de grande importância conhecer e compreender o crescimento florestal, por ser básico para o estabelecimento de várias etapas do planejamento das atividades florestais, desde a definição de épocas para desbaste ou corte raso até ações de adubação e tratamentos silviculturais. De acordo com Assmann (1970), o ritmo de crescimento anual é caracterizado pela ocorrência de um ponto de máximo na curva de incremento mensal, a qual se assemelha muito com a curva de incremento em função da idade ao longo da vida da árvore. Esse autor também descreveu que as taxas de incremento anual em altura e a duração do período de crescimento para várias espécies europeias dependem não só das condições climáticas do ano atual, mas também das substâncias de reserva que a planta conseguiu acumular durante o último período de crescimento.

Pesquisas sobre o crescimento anual de espécies florestais são frequentes, usando para isso medições anuais em parcelas permanentes ou então análise de tronco. Ao longo da vida da árvore ou do povoamento, o crescimento acumulado se amolda à bem conhecida curva sigmoide, assintótica, com um ponto de inflexão e outro de máxima tangência. Nesta pesquisa, procurou-se comprovar esta mesma tendência quando a curva é construída acumulativamente mês a mês e quais variáveis climáticas afetam o ritmo de crescimento durante um ano vegetativo.

Para o acompanhamento mensal do crescimento, foram selecionados três plantios jovens, sendo dois de *Pinus taeda* e um de *Araucaria angustifolia*, localizados nos municípios de Curitiba, Bocaiúva do Sul (pínus) e em Campina Grande do Sul (araucária). O clima

da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é o Cfb, que corresponde ao clima temperado com verões amenos e chuvas bem distribuídas ao longo do ano.

Para este estudo, foram selecionadas dez árvores em cada plantio, com exceção do plantio de Bocaiúva do Sul (BS) onde foram selecionadas 15. O critério de seleção das árvores foi aleatório, optando por árvores em boas condições fitossanitárias e com ápice livre de bifurcações. Estas árvores receberam plaquetas metálicas numeradas, permitindo o acompanhamento mensal individualizado.

As medições mensais foram realizadas rigorosamente no início de cada mês em todos os plantios, iniciando-se em julho de 2006 e terminando em julho de 2007, período que corresponde a um ano vegetativo completo. Foram acompanhadas as variáveis diâmetro a 10 cm do solo (D10), medido com paquímetro em duas leituras ortogonais com precisão de 0,01 cm, e altura total, medida com trena ou régua altimétrica com precisão de 1 cm. O plantio de Curitiba já apresentava altura superior a 1,3 m, possibilitando a medição do diâmetro nesta altura (DAP).

Para análise do período de crescimento, foram construídos gráficos de incrementos correntes mensais (ICM), calculados a partir das médias de todas as árvores medidas em cada plantio, e realizadas análises de agrupamento (*cluster*), utilizando-se como algoritmo de agrupamento o método de Ward e como medida de distância, a distância euclidiana. Nas análises de agrupamento, foram agrupados os meses do ano que possuíam incrementos semelhantes.

Bases de dados climáticos providas das estações meteorológicas mais próximas aos plantios medidos foram cedidas pelo Simepar, contendo informações mensais de temperatura mínima, média e máxima (°C), precipitação total (mm), radiação média incidente na superfície ($W\ m^{-2}$) e umidade relativa (%). O fotoperíodo médio (horas dia^{-1}) foi calculado mensalmente para a latitude de cada plantio. Foram elaboradas matrizes de correlação entre o incremento corrente mensal (ICM) em altura e diâmetro e as variáveis climáticas, visando identificar quais eram mais influentes no crescimento de *P. taeda* e *A. angustifolia*.

As curvas de crescimento acumulado para os dois plantios de *P. taeda* encontram-se na Figura 1. Fica evidente a forma sigmoideal das curvas dentro do ano vegetativo, típico do crescimento das variáveis

biológicas em relação ao fator tempo, evidenciando que este crescimento segue os princípios teorizados na Lei dos Rendimentos Decrescentes, ocorrendo dentro do ano vegetativo mês a mês devido às estações do ano, que acontece ao longo da vida da árvore ano a ano. As curvas de crescimento acumulado para a altura de *P. taeda* estabilizaram próximo ao valor assintótico anual mais rapidamente que para o diâmetro (Figura 1). Para a altura, o crescimento estabilizou no mês de março e, para o diâmetro, a estabilização iniciou a partir de maio, seguindo a ordem de sequência clássica de culminação dos incrementos ao longo da vida de plantios comerciais desta espécie.

No caso do diâmetro, não se verificou comportamento semelhante, pois este não cessou o crescimento e sim continuou a taxas cada vez menores até reiniciar o crescimento do próximo ano vegetativo. Esta continuidade no crescimento dos meristemas secundários poderia ser atribuída à sua maior proteção na árvore em relação aos agentes do clima, pois, enquanto as gemas estão em contato direto com o ambiente externo, o câmbio possui a proteção da casca, permitindo que suas células não precisem reduzir drasticamente seu processo de replicação para evitar danos causados pelo frio. O incremento corrente anual para *P. taeda* no ano estudado foi, respectivamente, para o diâmetro e para a altura, de 4,79 cm e 1,95 m, para o plantio de Curitiba (CTBA2), e 4,93 cm e 1,46 m para o plantio de Bocaiúva do Sul (BS).

Usando análises de agrupamento, buscou-se identificar dentro do ano vegetativo a existência de meses com crescimentos semelhantes. Esta análise possibilitou a identificação de dois a três grupos em cada plantio (Figura 2). Na figura, os dendrogramas de agrupamento indicam que todos os plantios possuíam uma boa definição dos grupos formados. Em todos os plantios foi observada a presença dos meses em que ocorre a culminação dos incrementos correntes mensais em altura e diâmetro nos grupos de maior crescimento (G1).

No plantio de *P. taeda* de Curitiba (CTBA2), foram destacados três grupos, para ambas as variáveis analisadas. O grupo G1 corresponde aos meses de franco crescimento vegetativo. Este grupo também engloba os picos de incremento que ocorrem no mês de janeiro, para o diâmetro, e dezembro, para a altura. Já o grupo G2 representa os meses de crescimento intermediário ou de transição entre o grupo G1 e o grupo G3, que assume características de baixo crescimento e quase repouso vegetativo (dormência).

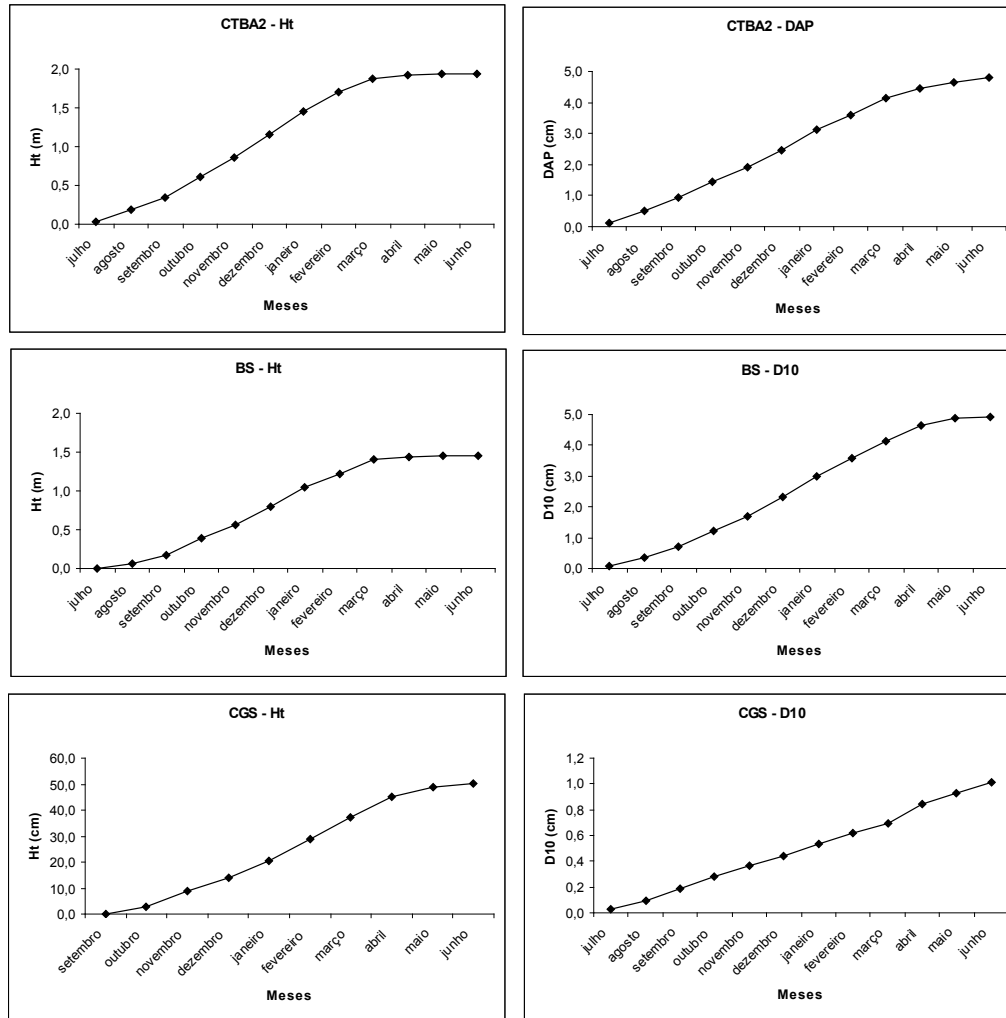


Figura 1. Curvas de crescimento acumulado ao longo do ano vegetativo para os plantios de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*. Ht – altura total (m); D10 – diâmetro a 10 cm do solo (cm); DAP – diâmetro à altura do peito (cm).

Nota-se que a análise de agrupamentos distinguiu no plantio CTBA2 os períodos de crescimento rápido e lento, intercalando uma fase intermediária que se repete duas vezes no ano a cada mudança de ritmo de incremento mensal. Para o diâmetro, o G1 vai de dezembro a março, excluindo, devido a variações climáticas, o mês de fevereiro, o G2 inclui os meses de fevereiro, abril e de agosto a novembro, e o G3 os meses de maio a julho. Para a altura, a ordem dos meses muda um pouco, com G1 de outubro a fevereiro, G2 com os meses de março, agosto e setembro e G3 indo de abril a julho.

O plantio em Bocaiúva do Sul (BS) também apresentou apenas dois grupos bem diferenciados, G1 de franco crescimento e G2 de crescimento mais lento,

sendo que G1 compreende um período de sete meses e G2 de cinco meses, para ambas as variáveis. No caso do diâmetro, G1 vai de outubro a abril, com pico em janeiro, e G2 de maio a setembro. Já para a altura G1, vai de setembro a março, com máximo de incremento também em janeiro, e G2 de abril a agosto.

De modo geral, observou-se que *P. taeda* possui períodos de crescimento diferenciados ao longo do ano vegetativo. Seu período de franco crescimento (G1) em diâmetro duraria entre quatro e sete meses e, em altura, de cinco a sete meses. A duração do período de transição, se este ocorrer e tomando por base o plantio BS, duraria cerca de cinco meses para o diâmetro e três meses para a altura. Já o período de repouso vegetativo, em que a altura cresce a taxas muito baixas ou praticamente

cessa os incrementos e o diâmetro reduz seu ritmo de crescimento (embora não tão drasticamente quanto a altura), teria duração de três a seis meses. Convém lembrar que estes resultados provêm de apenas um ano de observações realizadas nos três plantios, podendo variar em outros anos sob outras condições climáticas.

Diferentemente do que aconteceu com *P. taeda*, *A. angustifolia* não apresentou a curva de crescimento acumulado anual em diâmetro com forma muito próxima à sigmoide e nem a curva de incremento corrente mensal

muito nítida (Figura 1), dando a impressão de que possa existir mais de um período de crescimento no ano, como citado por Assmann (1970) para as espécies *Fagus sylvatica* e *Quercus* sp., que apresentaram aumento no crescimento acumulado constante e quase linear, sem tendências de estabilização no final do ano vegetativo. Para a variável altura, a relação já foi mais próxima da sigmoide, com forma semelhante às obtidas para *P. taeda*.

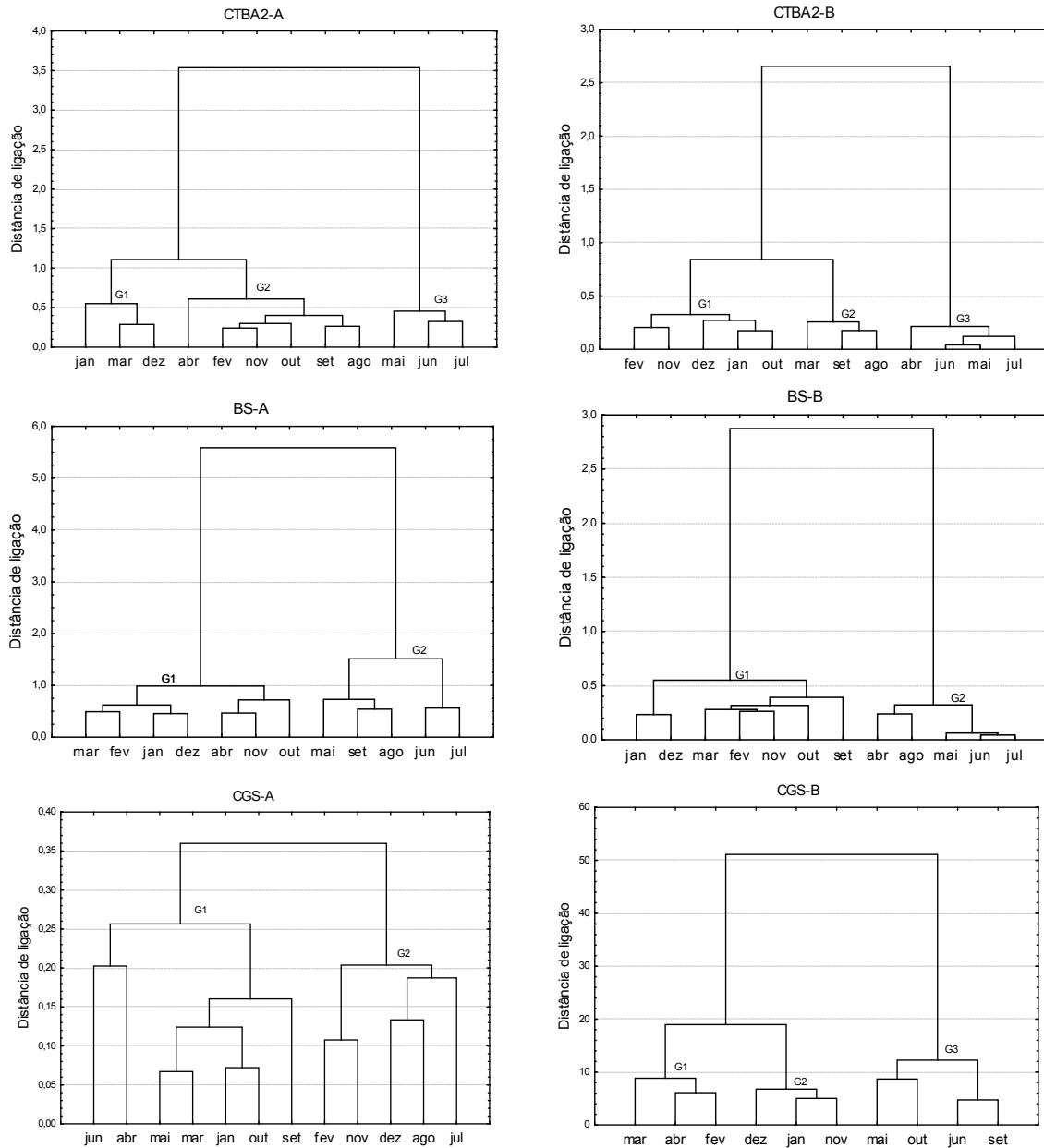


Figura 2. Dendrogramas de Ward para as variáveis diâmetro (A) e altura (B), para o plantio de *Pinus taeda* em Curitiba (CTBA2) e em Bocaiúva do Sul (BS) e para o plantio de *Araucaria angustifolia* em Campina Grande do Sul (CGS).

Boyer (1970) estudou os incrementos em altura de *Pinus taeda* nos EUA, chegando a conclusões para árvores individuais de que existem de um a quatro ciclos de crescimento anuais com duração de 39 a 48 dias cada um. Esse autor citou que o início e o fim do ciclo de crescimento é governado muito mais por fatores fisiológicos do que ambientais e que a temperatura do ar influencia grandemente a taxa de crescimento em altura desta espécie.

A. angustifolia também teve seus incrementos em altura e diâmetro atingindo seus máximos na sequência biológica, com a altura culminando em março e diâmetro em abril. Não atingiu, porém, um valor máximo de crescimento anual acumulado em nenhuma das duas variáveis, apesar de reduzir bastante sua taxa de incremento mensal em altura no final do ano vegetativo. O incremento corrente no ano vegetativo em altura foi de 50,07 cm e em diâmetro de 1,02 cm. Este valor para o incremento anual em diâmetro foi muito superior aos obtidos por Schaaf et al. (2005) e Figueiredo Filho et al. (2003), de 0,250 cm e 0,129 cm, respectivamente, resultantes de experimentos em florestas naturais

adultas da espécie. A diferença pode decorrer da idade das plantas, uma vez que esses autores estudaram o incremento em árvores adultas de *A. angustifolia*, cujas taxas de incremento são bem menores que em árvores jovens, de acordo com a Lei dos Rendimentos Decrescentes. Observou-se ainda que os incrementos de *A. angustifolia* foram muito menores que os de *P. taeda*.

A análise de agrupamento mostrou-se eficiente na distinção de grupos para a variável altura (Figura 2), com três grupos diferenciados correspondentes aos períodos de fevereiro a abril (G1, de maior crescimento), de novembro a janeiro (G2, com crescimento intermediário) e de maio a outubro (G3, de menor crescimento). Para a variável diâmetro, foram identificados dois grupos (G1 e G2), mas compostos por meses não consecutivos entre si, o que tornou difícil inferências sobre o crescimento em diâmetro desta espécie em diferentes períodos do ano.

Objetivando avaliar os efeitos de algumas variáveis climáticas sobre os incrementos correntes mensais em altura e em diâmetro, tanto de *P. taeda* nos dois locais de medição, como de *A. angustifolia*, construiu-se a matriz de correlação simples (Tabela 1).

Tabela 1. Matriz de correlação entre os incrementos correntes mensais (ICM) em diâmetro e altura com as principais variáveis climáticas para *Pinus taeda* (CTBA1, CTBA2, BS) e *Araucaria angustifolia* (CGS).

CTBA2			BS			CGS		
Variável	icmh	icmd	Variável	icmh	icmd	Variável	icmh	icmd
icmh	1,00	-	icmh	1,00	-	icmh	1,00	-
icmd	0,79	1,00	icmd	0,72	1,00	icmd	0,38	1,00
tmin	0,47	0,55	tmin	0,58	0,69	tmin	0,49	0,14
tmed	0,40	0,53	tmed	0,56	0,67	tmed	0,55	0,13
tmax	0,53	0,67	tmax	0,53	0,53	tmax	-0,03	0,27
ppt	0,33	0,53	ppt	0,36	0,32	ppt	-0,04	0,23
rad	-0,14	0,15	rad	0,73	0,59	rad	0,26	-0,02
ur%	0,41	0,43	ur%	0,52	0,66	ur%	0,26	0,37
foto	0,80	0,74	foto	0,81	0,66	foto	0,06	0,12

Com base na Tabela 1, de maneira geral, observa-se para a espécie *Pinus taeda* uma relação de moderada a forte ($r=0,4$ a $0,8$) entre os incrementos mensais em altura e diâmetro. Se esta relação fosse muito baixa, indicaria que estes incrementos são independentes entre si; se fosse muito forte, que tais incrementos ocorrem simultaneamente durante o mês de crescimento. Como os resultados obtidos

apontaram uma relação de moderada a forte, existe a tendência de que o crescimento em altura e em diâmetro ocorram quase que simultaneamente, variando sua sincronia de acordo com a influência diferenciada dos fatores ambientais sobre cada um dos incrementos. A correlação entre incrementos para *A. angustifolia* foi fraca (Tabela 1), indicando que o crescimento em diâmetro e em altura para

esta espécie ocorre de maneira quase independente.

O período de crescimento de *Pinus taeda* de maneira geral vai de agosto a abril, praticamente cessando fora deste período no caso da altura e permanecendo a taxas menores, no caso do diâmetro, com ICM máximos nos meses de dezembro (altura) e janeiro (diâmetro). *Araucaria angustifolia* apresentou comportamento mais tardio, com crescimento em altura de outubro a maio e em diâmetro de agosto a maio, com ICM máximos em março e abril, respectivamente.

O crescimento acumulado para as variáveis diâmetro e altura dentro de um ano vegetativo segue o padrão sigmoidal, característico do crescimento biológico, apresentando um ponto de inflexão, um ponto de máxima tangência e a partir deste a curva convergindo para um valor assintótico, como teorizado pela Lei dos Rendimentos Decrescentes.

Referências

- ASSMANN, E. **The principles of forest yield study: studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands**. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506p. il. Traduzido por Sabine H. Gardiner.
- BOYER, W. D. Shoot growth patterns of young loblolly pine. **Forest Science**, v. 16, n. 4, p. 472-482. Dec. 1970.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; HUBIE, S. do R.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. de; SANQUETTA, C. R. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, p.69-84, jan./ jun. 2003.
- SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SANQUETTA, C. R.; GALVÃO, F. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 271-290, mai./ago. 2005.

Recebido em 01 de outubro de 2009 e aprovado em 26 de outubro de 2010