

Crescimento Diametral de Espécies Arbóreas em Floresta Estacional Semidecidual ao Longo de Seis Anos

Rubens Koloski CHAGAS¹

Giselda DURIGAN²

Wilson Aparecido CONTIERI²

Masahiro SAITO³

RESUMO

Através da análise dos incrementos diamétricos das árvores é possível obter importantes informações sobre a taxa de crescimento e idade de árvores tropicais. Utilizando faixas dendrométricas permanentes, monitorou-se o incremento mensal e anual em diâmetro de sete espécies entre as mais abundantes no estrato arbóreo da floresta madura, na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP: *Aspidosperma polyneuron*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Metrodorea nigra*, *Ocotea indecora*, *Savia dictyocarpa*, *Trichilia catigua* e *Trichilia pallida*. Foram realizadas medições mensais durante 16 meses e medições anuais durante seis anos. Constatou-se a existência de sazonalidade no crescimento em diâmetro para todas as espécies, chegando a haver redução do diâmetro nos meses de inverno, em resposta à falta de chuvas. As espécies *Aspidosperma polyneuron*, *Metrodorea nigra* e *Trichilia pallida* foram as que mostraram mais forte sazonalidade, com as maiores amplitudes de variação do incremento no período de estudo. Foram constatadas diferenças no incremento anual em diâmetro entre espécies e entre indivíduos da mesma espécie. As espécies que obtiveram os maiores ganhos em incremento médio anual foram *Savia dictyocarpa* e *Aspidosperma polyneuron* com 2,82 e 2,21mm, respectivamente, ambas espécies de grande porte, que ocupam o topo do dossel. As espécies de crescimento mais lento foram *Chrysophyllum gonocarpum* e *Ocotea indecora*, com incremento médio anual em diâmetro de 0,47 e 0,63mm, respectivamente. Para cada um dos indivíduos, de todas as espécies, verificou-se que o incremento diamétrico anual tende a ser constante. Há, porém, diferenças no ritmo de crescimento em diâmetro entre indivíduos da mesma espécie. Para espécies secundárias do estrato dominante

¹ Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

² Floresta Estadual de Assis, Caixa Postal 104, CEP 19800-000, Assis, SP, Brasil.

³ Forestry and Forest Products Research Institute, 305, Ibaraki, Japão.

(*Aspidosperma polyneuron* e *Savia dictyocarpa*), os indivíduos de maior porte tendem a crescer mais rapidamente e, para as espécies climácicas de crescimento lento (*Ocotea indecora* e *Chrysophyllum gonocarpum*), o crescimento em diâmetro tende a ser maior para os indivíduos de menor porte. Para as outras espécies (*Metrodorea nigra*, *Trichilia pallida* e *Trichilia catigua*), não se observou correlação entre incremento diamétrico e porte dos indivíduos.

Palavras-chave: faixas dendrométricas, floresta estacional semidecidual, idade das árvores, incremento diamétrico, sazonalidade, taxa de crescimento.

ABSTRACT

Analyzing diameter increment of trees can provide us important information about growth rate, rhythm and age of tropical trees. The diameter of seven forest species (*Aspidosperma polyneuron*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Metrodorea nigra*, *Ocotea indecora*, *Savia dictyocarpa*, *Trichilia catigua* and *Trichilia pallida*) was measured at Caetetus Ecological Station, Gália, São Paulo State, Brazil. Diameter measurements were taken monthly during 16 months and once a year over six years. All species showed seasonality in diameter growth, correlated with rainfall. During the dry months in the winter, diameter ceased to increase and was even reduced for most individuals. *Aspidosperma polyneuron*, *Metrodorea nigra* and *Trichilia pallida* showed a strong seasonality. Annual increment differed among species and among individuals of the same species. The highest annual increment was observed in *Savia dictyocarpa* and *Aspidosperma polyneuron* (2.82 and 2.21 mm/y respectively), large trees occupying the top layer of the forest. The lowest diameter growth was observed in *Chrysophyllum gonocarpum* and *Ocotea indecora* (0.47 and 0.63 mm/y respectively). The annual growth rhythm tends to be constant in subsequent years for a single tree. However, a wide variation was observed among trees of the same species. For *Aspidosperma polyneuron* and *Savia dictyocarpa*, two emergent secondary species, diameter increment was highest in the biggest trees. Conversely, for *Ocotea indecora* and *Chrysophyllum gonocarpum*, slow growing climax species, the growth rate was highest in the smallest trees. For the other species studied (*Metrodorea nigra*, *Trichilia catigua* and *Trichilia pallida*), no correlation was observed between growth rate and tree size.

Key words: age determination, band dendrometer, diameter growth, growth rate, seasonal semi-deciduous forest, seasonality, tree age.

INTRODUÇÃO

O estudo da dinâmica populacional de espécies arbóreas em florestas tropicais pode abordar os mais diferentes aspectos. A ênfase pode abranger a popula-

ção em todos os seus diferentes estádios de desenvolvimento em uma determinada área, seja para fins demográficos (Ramírez & Arroyo, 1987; Henriques & Souza, 1989 e De Steven, 1994), ou relacionando aspectos como a densidade populacional, taxas de mortalidade e natalidade, entre outros, com variáveis ambientais (Clark & Clark, 1993 e Condit *et al.*, 1994). Estudos de dinâmica florestal podem ainda abranger aspectos relacionados ao manejo e exploração comercial (Leite & Rankin, 1981; Leite *et al.*, 1982 e Oliveira & Silva, 1993).

Informações sobre o crescimento e a idade das árvores são ferramentas importantes para estudos sobre a dinâmica de populações, a determinação de perturbações recorrentes no ecossistema ao longo do tempo, sobre práticas de manejo florestal visando o desenvolvimento sustentável e até sobre o ciclo do carbono na floresta (Chambers *et al.*, 1998).

Ainda são poucos os estudos sobre taxas de crescimento e idade de árvores em florestas tropicais (Lang & Knight, 1983; Lieberman & Lieberman, 1985 e 1987; Lieberman *et al.*, 1985; Kohyama & Hara, 1989; Welden *et al.*, 1991; Condit *et al.*, 1993a; 1993b e 1995; Herwitz & Young, 1994; Korning & Balslev, 1994; Worbes, 1995 e 1997; Vandermeer & Boucher, 1997; Worbes & Junk, 1999 e Fox *et al.*, 2001). Também no Brasil, os trabalhos que abordam as taxas de crescimento e a idade das árvores são muito restritos (Mozeto *et al.*, 1988; Worbes & Junk, 1989; Souza *et al.*, 1993; Felfili, 1995; Chambers *et al.*, 1998; Durigan, 1999; Santos, 2000; Chagas *et al.*, 2001; Ferreira, 2002; Maria, 2002 e Silva *et al.*, 2002), quando comparados às árvores de regiões temperadas, de modo que há muitas questões para ser respondidas.

O objetivo desse estudo foi monitorar o incremento mensal e anual em diâmetro do tronco para sete espécies de floresta estacional semidecidual, visando conhecer o ritmo e a taxa de crescimento das espécies e compreender as possíveis diferenças de comportamento entre indivíduos e espécies, através do projeto de Pesquisa em Conservação de Florestas e do Meio ambiente, realizado através da cooperação técnica entre o Instituto Florestal e a Japan International Cooperation Agency (JICA).

Crescimento e idade das árvores

O crescimento de uma ou mais árvores pode ser definido como o aumento de suas dimensões (diâmetro, altura, área basal, volume, biomassa e outros), em um dado período de tempo. Se a análise for restrita às partes da planta (células, galhos, folhas ou raízes), o crescimento pode ser expresso pelo aumento da sua extensão (Poorter & Bongers, 1993).

As taxas de crescimento de árvores são altamente variáveis. Existem grandes variações entre espécies, bem como entre árvores da mesma espécie de diferentes tamanhos ou constituição genética, ou ainda estabelecidas em diferentes habitats. Em contraste, o crescimento de uma árvore individual durante períodos sucessivos é muito menos variável (Swaine, 1990).

Os fenômenos periódicos em plantas tropicais são freqüentemente atribuídos a ritmos internos, ou ritmos inerentes, isto é, mudanças que se processariam na planta independentemente dos fatores externos. Sem dúvida, este ritmo interno é facilmente reconhecido quando a periodicidade do crescimento é predominantemente controlada pelos estágios de desenvolvimento ou idade da planta (Alvim, 1964).

O crescimento das árvores depende de fatores como a disponibilidade de recursos ambientais (por exemplo, luz, água e nutrientes), espaço físico (por exemplo impedimentos por cipós), tamanho e constituição genética da árvore, bem como sua história de desenvolvimento, cada um destes podendo afetar sozinho ou em conjunto o crescimento das árvores (Poorter & Bongers, 1993).

A periodicidade do crescimento das plantas das regiões frias ou de clima temperado pode ser facilmente explicada pela variação dos fatores climáticos, como o comprimento do dia e a temperatura. As espécies que crescem nas regiões tropicais também revelam oscilações periódicas de crescimento e de comportamento fenológico, mas como os climas tropicais são geralmente considerados não sazonais, há muita controvérsia quanto aos fatores que controlam esta periodicidade (Alvim, 1964). Porém existem fatores, como a precipitação pluviométrica, que estão estreitamente ligados ao crescimento diamétrico das árvores e variam globalmente (Botosso & Vetter, 1991).

A correlação entre o crescimento das árvores e a precipitação pluviométrica em florestas tropicais é mencionada por diversos autores (Alvim, 1964; Vetter & Botosso, 1988; Botosso & Vetter 1991; Clark & Clark, 1994; Worbes & Funk, 1999; Botosso *et al.*, 2000; Botosso & Tomazello Filho, 2001 e Silva *et al.*, 2002). Porém, o crescimento arbóreo é função de uma série de outros fatores, que podem ser classificados como internos (genéticos, fisiológicos, reprodutivos, substâncias de crescimento, patológicos, potencial elétrico e polaridade) e externos (chuva, temperatura, vento, temporais, evaporação e umidade, solo e rocha de origem, iluminação e radiação, competição, fogo, topografia e exposição), sendo que o conjunto deles pode promover ou inibir o crescimento arbóreo (Kozlowski, 1963).

Indivíduos arbóreos de um dado tamanho podem representar uma grande diferença de idades, da mesma forma que árvores de uma dada idade podem alcançar diferentes tamanhos. Deste modo, indivíduos de um dado tamanho ou idade podem estar crescendo em muitas diferentes taxas, dificultando a predição da trajetória de crescimento e do tempo de vida (Terborgh *et al.*, 1997).

A avaliação contínua dos incrementos em circunferência do tronco das espécies arbóreas possibilita, a médio e longo prazo, uma determinação indireta do ritmo e da taxa de crescimento, da periodicidade da atividade cambial e da influência dos fatores climáticos (Botosso *et al.*, 2000).

Pelo fato de muitas espécies tropicais não formarem anéis anuais de crescimento ou porque os anéis nem sempre são facilmente interpretados, medições repetidas são requeridas para avaliação do incremento do fuste no decorrer do tempo (Clark & Clark, 1994).

Dentre os equipamentos disponíveis para o acompanhamento do crescimento do tronco das árvores destacam-se as faixas dendrométricas, pela precisão e execução da leitura, facilidade de montagem, instalação e manutenção em condições de campo, além do baixo custo (Botosso & Tomazello Filho, 2001).

A utilização de dendrômetros de metal tem mostrado vantagens em comparação com outros métodos. Porém, de acordo com Bower & Blocker (1966) e Cameron & Lea (1980), a desvantagem está na tendência a subestimar a primeira medição anual de incremento diamétrico, principalmente em regiões onde as mudanças sazonais são bem definidas (Keeland & Sharitz, 1993).

Uma limitação no método, utilizado na região amazônica por Silva *et al.* (2002), consistiu na impossibilidade de medir crescimentos anuais acima de 20mm de diâmetro. Nesse caso, foi necessária a calibração do dendrômetro no tronco da árvore por um período de três meses. As faixas dendrométricas podem ainda apresentar erros de medição em árvores que possuem um decréscimo no diâmetro em épocas mais secas do ano, necessitando acompanhamento e manutenção periódica.

As faixas não fornecem informações diretas sobre a idade das árvores, sendo necessárias estimativas através de outros métodos convencionais, como a análise e estudo dos anéis de crescimento, a realização de marcações cambiais periódicas ou estimativas de crescimento e idade através de cálculos matemáticos.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, de propriedade do Instituto Florestal de São Paulo, localiza-se na Estação Ecológica dos Caetetus, situada entre os paralelos 22°22' e 22°26' S e os meridianos 49°40' e 49°44' W, no limite norte da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema. Essa Estação abrange áreas dos municípios de Gália e Alvinlândia, estando a área de amostragem localizada no município de Gália.

Predominam na área da Estação os solos dos tipos: Latossolos de textura média nos topos e Podzólicos abruptos nas vertentes. No local das parcelas, o solo é do tipo Podzólico Vermelho Amarelo Profundo (Argissolo Vermelho-amarelo Eutrófico típico A moderado, segundo a classificação adotada pela EMBRAPA, 1999) textura arenosa/média (Mattos *et al.*, 1996). O clima na região, segundo a classificação de Köppen, é Cwa, mesotérmico de inverno seco, e a vegetação da

E.E. dos Caetetus é classificada como Floresta Estacional Semidecidual (segundo a classificação de Veloso *et al.*, 1991).

A Estação Ecológica dos Caetetus contém uma grande diversidade de habitats, correlacionada com a vegetação, a topografia, os solos e a rede de drenagem. Este mosaico ambiental, analisado por Mattos *et al.* (1996), com base na interpretação de aspectos do meio físico e da vegetação, resulta em doze unidades distintas. A área nuclear da floresta corresponde à floresta com estrato arbóreo alto, classificada com base em fotointerpretação (Durigan *et al.*, 2000).

Foram instaladas parcelas permanentes objetivando o estudo fitossociológico e de dinâmica da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus. Estas parcelas, totalizando uma área de 6000 m², situam-se a cerca de 1.200 m da borda da mata e aproximadamente a 800 m do curso d'água mais próximo, em declividades variando entre 3 e 5%.

Para este estudo, foram selecionadas sete espécies arbóreas, entre as mais abundantes na comunidade, que tivessem indivíduos em diferentes posições no dossel. As espécies selecionadas para o estudo, classificadas quanto ao estágio sucessional segundo Budowski (1965), foram:

Aspidosperma polyneuron Müll. Arg. (Apocynaceae) – árvore perenifólia de grande porte, madeira pesada e casca espessa, profundamente sulcada, secundária tardia ou climácica, tolerante à sombra, está presente em todos os estratos da floresta, sendo que os indivíduos de maior porte são emergentes ou ocupam o topo do dossel.

Chrysophyllum gonocarpum (Mart. & Eichler) Engl. (Sapotaceae) – espécie semicaducifólia, de porte médio, madeira moderadamente pesada e casca rugosa, pouco espessa, secundária tardia ou climácica, tolerante à sombra, raramente atingindo as camadas superiores do dossel.

Metrodorea nigra A.St.-Hil. (Rutaceae) – espécie perenifólia de porte pequeno, madeira moderadamente pesada e casca rugosa, pouco espessa, climácica, tolerante à sombra, na floresta de Caetetus não ultrapassa 12m de altura, com alta densidade nos estratos inferiores.

Ocotea indecora Schott. ex Meisn. (Lauraceae) – espécie perenifólia de porte médio a grande, madeira moderadamente pesada e casca rugosa, descamante e pouco espessa, secundária tardia ou climácica, tolerante à sombra, com indivíduos jovens em todos os estratos, sendo que os adultos de maior porte podem, eventualmente, ocupar as camadas superiores do dossel.

Savia dictyocarpa Müll. Arg. (Euphorbiaceae) – árvore semicaducifólia de grande porte, madeira moderadamente pesada e casca lisa, fina, secundária tardia, com baixa tolerância à sombra e, portanto, com poucos indivíduos nos estratos inferiores. Ocupa geralmente as camadas superiores do dossel.

Trichilia catigua A.Juss. (Meliaceae) – árvore de pequeno porte, madeira leve, casca rugosa, pouco espessa, climácica, tolerante à sombra, ocupando somente os estratos inferiores da floresta.

Trichilia pallida Sw. (Meliaceae) – árvore de porte pequeno a médio, madeira leve, casca rugosa, pouco espessa, secundária tardia, tolerante à sombra, ocupando os estratos inferiores da floresta, clareiras e bordas de fragmentos florestais.

Para cada espécie foram selecionados dez indivíduos, enumerados com etiquetas de alumínio, pertencentes a diferentes classes de tamanho, a partir de um diâmetro mínimo de 5cm. Ao redor do tronco de cada indivíduo, a 1,30m acima do nível do solo, foi instalada uma faixa dendrométrica de aço, graduada em milímetros, envolvendo duas vezes o perímetro do tronco. As extremidades da faixa foram conectadas por uma mola flexível, com cerca de 10cm de comprimento, de modo que fosse possível registrar expansão ou retração do diâmetro.

Registros mensais de perímetro foram tomados durante 16 meses (março de 1996 a julho de 1997) e registros anuais durante seis anos (1996 a 2002), no final do mês de junho de cada ano. O crescimento arbóreo pode ser determinado por medições sucessivas de perímetro, diâmetro ou área basal. No presente estudo, embora tenham sido feitos registros de perímetro, optou-se por conduzir as análises em termos de diâmetro, que, segundo Mohd (1988), é conveniente por ser uma medida direta, de fácil visualização.

Com a finalidade de estabelecer possíveis correlações entre o crescimento diamétrico mensal das árvores e a precipitação pluviométrica, foram utilizados dados de precipitação do período correspondente às leituras de incremento, de março de 1996 a julho de 1997, registrados na estação meteorológica mais próxima à área de estudo, pertencente à cooperativa de cafeicultores GARCAFÉ, em Garça, SP.

Com base nos dados de incremento diamétrico anual para cada indivíduo e para cada espécie, foram efetuadas análises de correlação, visando estabelecer possíveis padrões associados ao porte dos indivíduos. Foram também estabelecidos modelos de regressão linear para cada espécie, visando estimar a idade das árvores com base nos dados de incremento acumulado ao longo do tempo. Foram excluídos desses cálculos os indivíduos de cada espécie que apresentaram curvas irregulares de crescimento ao longo dos seis anos de análise. Optou-se por regressão linear uma vez que, para o período considerado, o incremento diamétrico foi pouco variável entre anos para a maioria dos indivíduos, de todas as espécies.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Incrementos diamétricos mensais

Na Tabela 1 são apresentados os valores de incremento médio mensal em diâmetro para as sete espécies estudadas, durante 16 meses. Todas as espécies apresentaram variação significativa ($p < 0,05$) no incremento diamétrico entre os meses de medição. Os maiores valores de incremento diamétrico (média de dez árvores) foram observados para *Aspidosperma polyneuron*, *Metrodorea nigra* e *Trichilia pallida*, com 8,0mm (Fev./97), 5,0 e 3,3mm (Set./96), respectivamente. Por outro lado, essas mesmas espécies apresentaram os maiores decréscimos, com -2,90, -2,10 mm (Jul./96) e -1,80 mm (Ago./96), respectivamente.

Tabela 1. Incrementos diamétricos mensais médios (mm) no período de 1996 a 1997 para as sete espécies estudadas: *Metrodorea nigra* (Metr), *Savia dictyocarpa* (Savi), *Ocotea indecora* (Ocot), *Trichilia catigua* (Tric), *Aspidosperma polyneuron* (Aspi), *Chrysophyllum gonocarpum* (Chry) e *Trichilia pallida* (Trip).

Período	Espécies						
	Metr	Savi	Ocot	Tric	Aspi	Chry	Trip
Mar/96	1.70	1.60	1.00	1.90	1.20	1.40	2.40
Abr/96	0.60	1.00	0.50	-0.80	-0.10	-1.00	0.20
Mai/96	-0.30	0.00	0.00	-0.20	-1.00	-0.60	0.10
Jun/96	-1.30	-0.40	-1.00	0.70	-1.10	-0.10	0.80
Jul/96	-2.90	0.10	-0.90	0.30	-2.10	-1.00	-1.30
Ago/96	-1.50	-1.10	0.00	-1.30	-0.80	-0.90	-1.80
Set/96	5.00	1.70	-0.20	1.00	2.90	1.40	3.30
Out/96	2.10	0.60	1.90	1.50	2.60	0.20	1.00
Nov/96	0.70	2.30	0.00	0.60	5.00	1.00	0.30
Dez/96	1.10	1.60	0.30	0.80	5.00	0.10	0.70
Jan/97	1.20	1.90	0.40	0.30	5.00	0.40	1.00
Fev/97	0.80	1.40	-0.20	0.60	8.00	0.00	0.50
Mar/97	0.40	0.30	0.40	0.60	1.00	0.20	0.00
Abr/97	0.50	1.10	0.20	0.20	8.00	0.10	0.20
Mai/97	-0.10	-0.20	0.10	-0.10	-1.00	-0.30	0.00
Jun/97	0.50	2.70	-0.20	0.60	1.00	0.30	0.10
Jul/97	-0.10	-0.10	-0.10	0.10	-0.40	-0.10	0.10

Por meio da análise das Figuras 1 a 7, é possível visualizar a amplitude das variações mensais do incremento em diâmetro para cada espécie, em relação aos dados de precipitação pluviométrica no período de março/1996 a julho/1997.

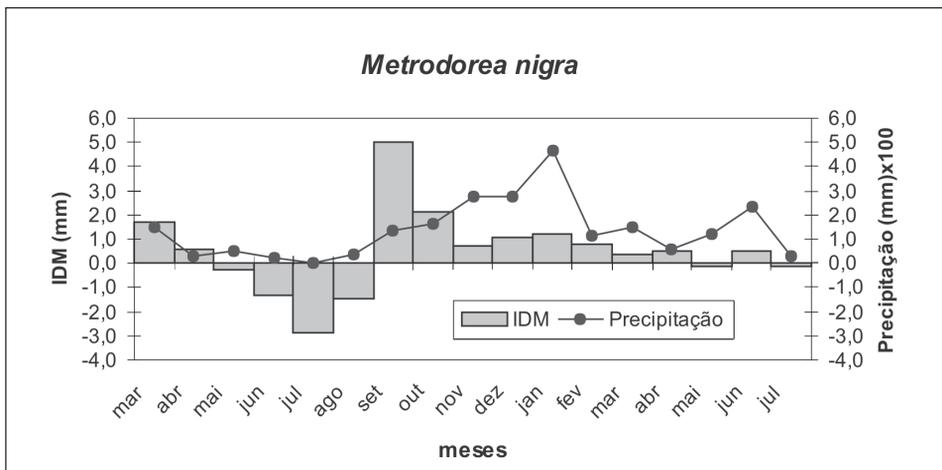


Figura 1. Incremento diamétrico médio mensal de *Metrodorea nigra* e precipitação pluviométrica.

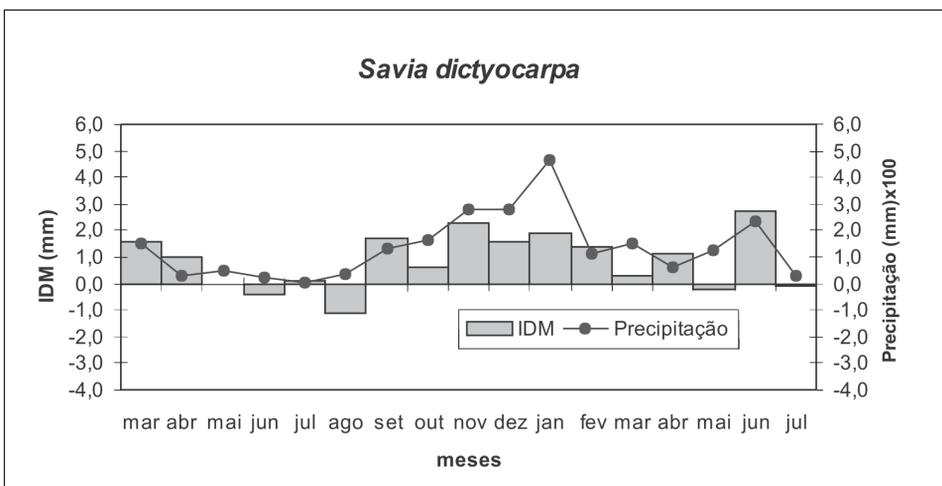


Figura 2. Incremento diamétrico médio mensal de *Savia dictyocarpa* e precipitação pluviométrica.

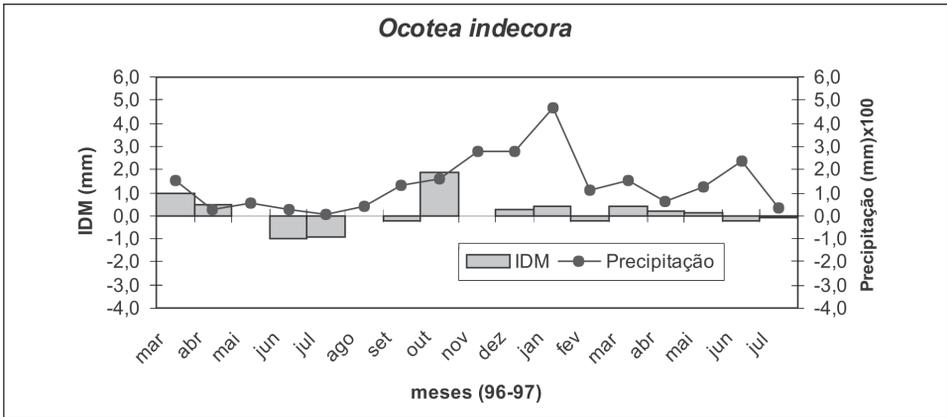


Figura 3. Incremento diamétrico médio mensal de *Ocotea indecora* e precipitação pluviométrica.

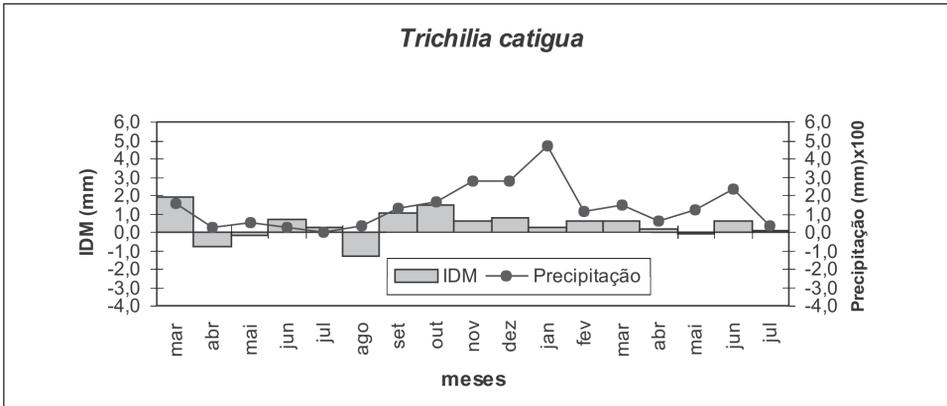


Figura 4. Incremento diamétrico médio mensal de *Trichilia catigua* e precipitação pluviométrica.

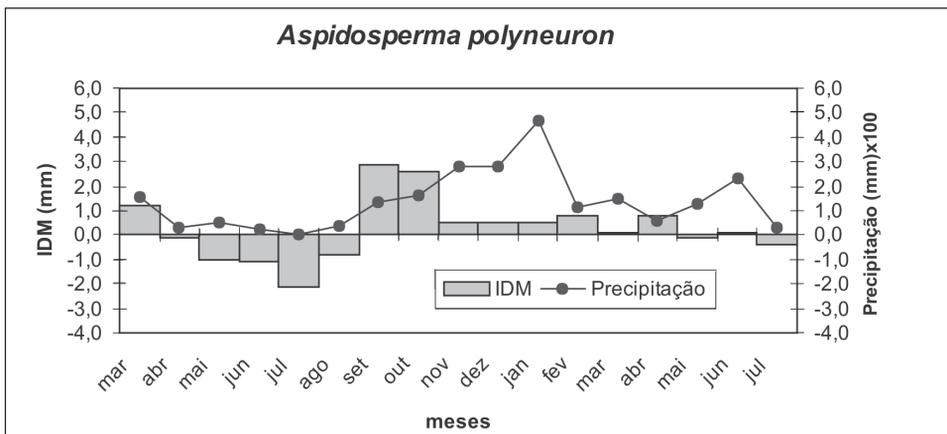


Figura 5. Incremento diamétrico mensal de *Aspidosperma polyneuron* e precipitação pluviométrica.

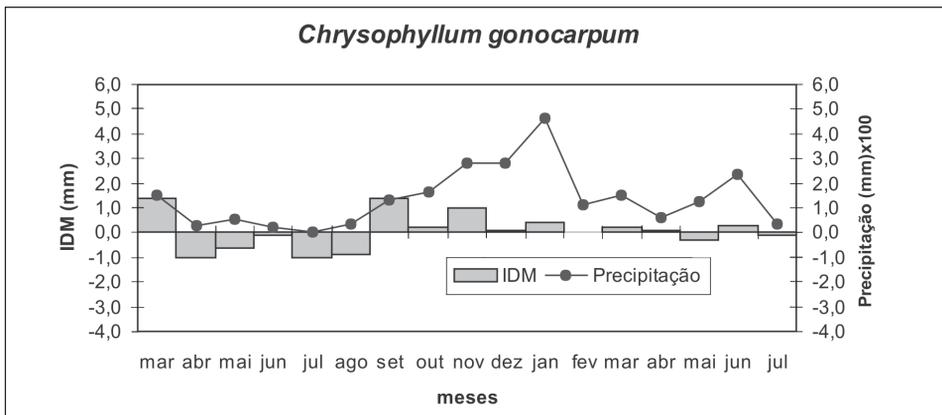


Figura 6. Incremento diamétrico médio mensal de *Chrysophyllum gonocarpum* e precipitação pluviométrica.

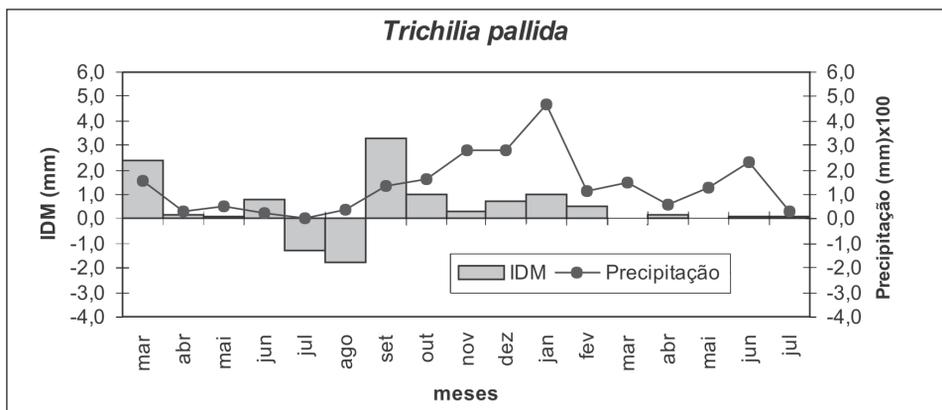


Figura 7. Incremento diamétrico médio mensal de *Trichilia pallida* e precipitação pluviométrica.

Constatou-se a existência de sazonalidade no crescimento em diâmetro para todas as espécies estudadas, chegando a haver redução do diâmetro no período de baixa precipitação (de abril a agosto neste estudo), em resposta ao déficit hídrico. As espécies *Aspidosperma polyneuron*, *Metrodorea nigra* e *Trichilia pallida* foram as que mostraram mais forte sazonalidade, com as maiores amplitudes de variação do incremento no período de estudo.

Verifica-se claramente que os diâmetros cessam de aumentar e começam a diminuir à medida que vão se acumulando os meses com baixa precipitação e, conseqüentemente, aumenta o déficit hídrico. Com as primeiras chuvas sucedendo a um período relativamente seco observa-se, de modo geral, para todas as espécies, a retomada do crescimento em diâmetro.

O rápido aumento verificado nos incrementos diamétricos logo após o período seco, provavelmente reagindo às primeiras chuvas regionais (setembro/outubro), corrobora o padrão encontrado por Botosso *et al.* (2000), em espécies tropicais na região amazônica. Por outro lado, os valores de incremento nos meses em que não deve ter havido déficit hídrico (novembro a abril) foram relativamente baixos e constantes. Em estudos realizados em florestas mesófilas semidecíduas do Estado de São Paulo, Maria (2002) e Ferreira (2002) observaram que várias espécies arbóreas, entre elas *Aspidosperma polyneuron* e *Savia dictyocarpa*, apresentavam diminuição no diâmetro das árvores nos períodos do ano com maior déficit hídrico (abril a agosto), retomando o crescimento no início do período chuvoso.

O decréscimo diamétrico pode estar relacionado à perda de água pela casca do tronco das árvores (Botosso *et al.*, 2000), intumescidas pela absorção de água na estação de chuvas. Dessa maneira, as árvores utilizariam parte da reserva de água existente nos tecidos recém-formados para manter suas funções fisiológicas em níveis mínimos durante a estação seca, resultando, desta forma, na contração do diâmetro dos seus troncos (Détienne *et al.*, 1988, citado por Botosso *et al.*, 2000).

Por outro lado, analisando-se as curvas de incremento médio acumulado para cada espécie, durante os 16 meses (Figura 8), é visível a redução acentuada nos diâmetros no período de junho a agosto, mas essa redução é compensada com o reinício das chuvas e a maioria das espécies manteve um ritmo de crescimento relativamente constante nos outros meses do ano.

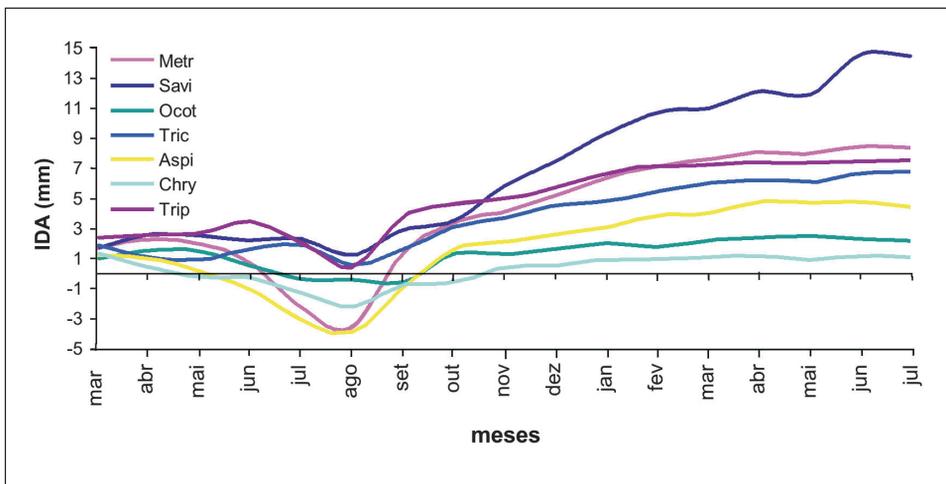


Figura 8. Incremento diamétrico acumulado (IDA) durante o período de março de 1996 a julho de 1997 para as espécies *Metrodorea nigra* (Metr), *Savia dictyocarpa* (Savi), *Ocotea indecora* (Ocot), *Trichilia catigua* (Tric), *Aspidosperma polyneuron* (Aspi), *Chrysophyllum gonocarpum* (Chry) e *Trichilia pallida* (Trip).

Incrementos diamétricos anuais

Foram constatadas diferenças no incremento anual em diâmetro entre espécies (Tabela 2 e Figura 23) e entre indivíduos da mesma espécie (Figuras 9 a 15). Embora tenham sido medidas dez árvores de cada espécie no primeiro ano, algumas árvores morreram ou foram quebradas pelo vento nos anos subsequentes e, portanto, foram eliminadas dessa análise.

Tabela 2. Valores médios dos incrementos diamétricos no período de 1996 a 2000, para as sete espécies estudadas: *Metrodorea nigra* (Metr), *Savia dictyocarpa* (Savi), *Ocotea indecora* (Ocot), *Trichilia catigua* (Tric), *Aspidosperma polyneuron* (Aspi), *Chrysophyllum gonocarpum* (Chry) e *Trichilia pallida* (Trip).

INCREMENTO DIAMÉTRICO ANUAL(mm)							
Espécie	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	Média*
Metr	2,23	1,77	2,23	0,68	1,91	1,50	1,72abc
Savi	3,94	3,38	2,27	1,55	2,47	3,30	2,82 c
Ocot	0,86	1,05	0,14	0,41	0,77	0,55	0,63a
Tric	1,84	1,24	0,78	0,25	0,53	0,54	0,86ab
Aspi	1,11	1,51	2,94	0,68	1,71	5,33	2,21 bc
Chry	0,50	0,50	0,67	0,42	0,42	0,32	0,47a
Trip	2,16	0,89	1,15	0,60	0,29	2,01	1,18ab
Médias	1,81	1,48	1,45	0,66	1,16	1,93	1,41

* Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

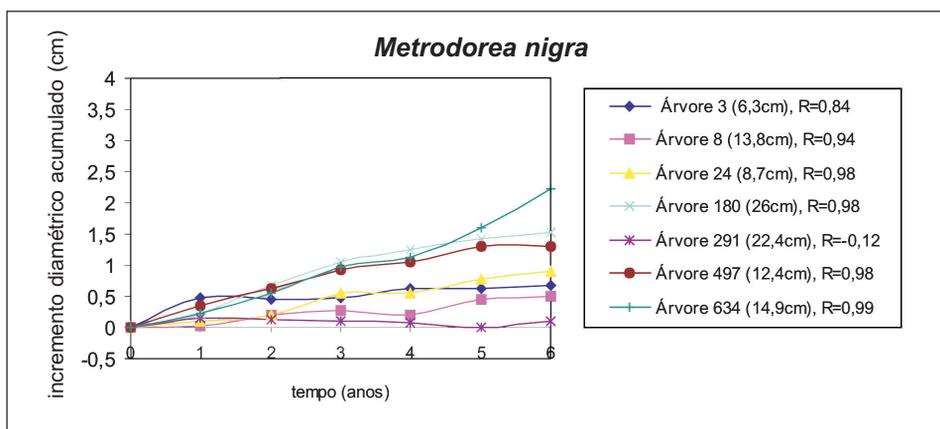


Figura 9. Curvas de incremento diamétrico acumulado de árvores de *Metrodorea nigra*. Os valores entre parênteses correspondem ao diâmetro da árvore na primeira medição. **R** = coeficiente de correlação entre os valores de incremento diamétrico acumulado e o número de anos.

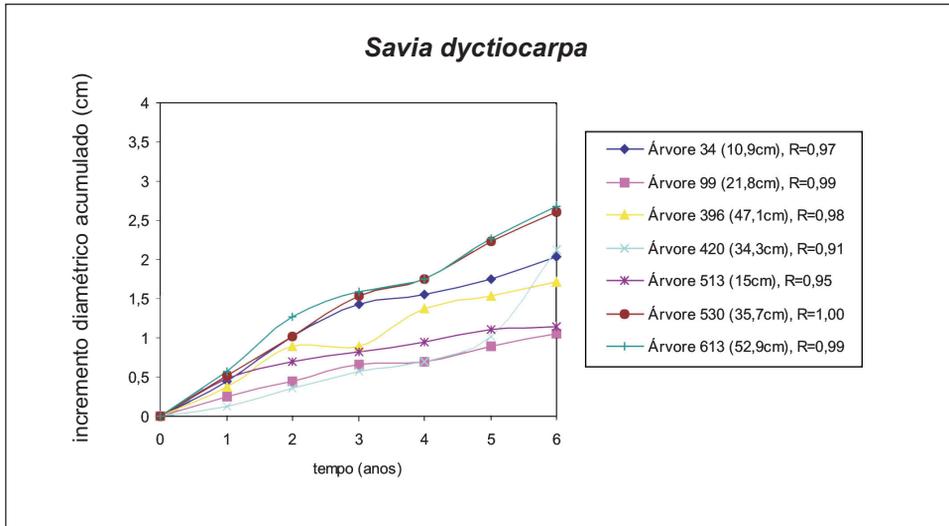


Figura 10. Curvas de incremento diamétrico acumulado de árvores de *Savia dictyocarpa*. Os valores entre parênteses correspondem ao diâmetro da árvore na primeira medição. **R**= coeficiente de correlação entre os valores de incremento diamétrico acumulado e o número de anos.

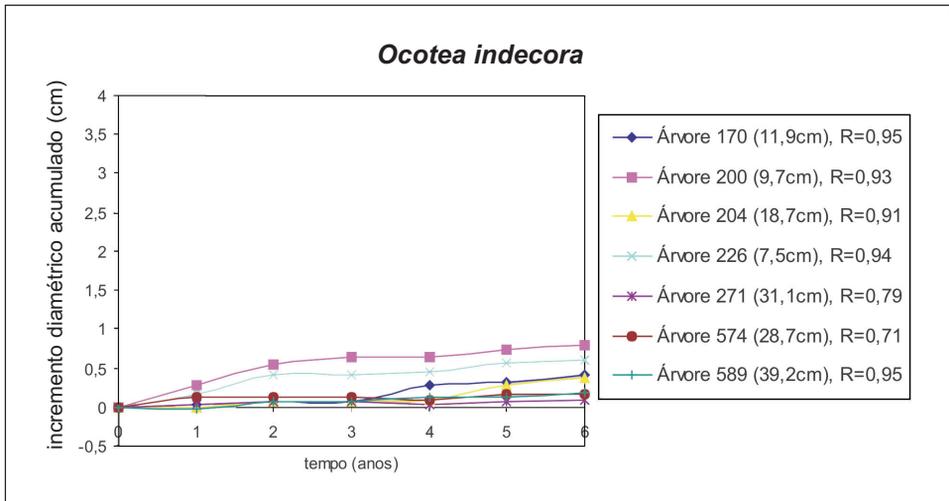


Figura 11. Curvas de incremento diamétrico acumulado de árvores de *Ocotea indecora*. Os valores entre parênteses correspondem ao diâmetro da árvore na primeira medição. **R**= coeficiente de correlação entre os valores de incremento diamétrico acumulado e o número de anos.

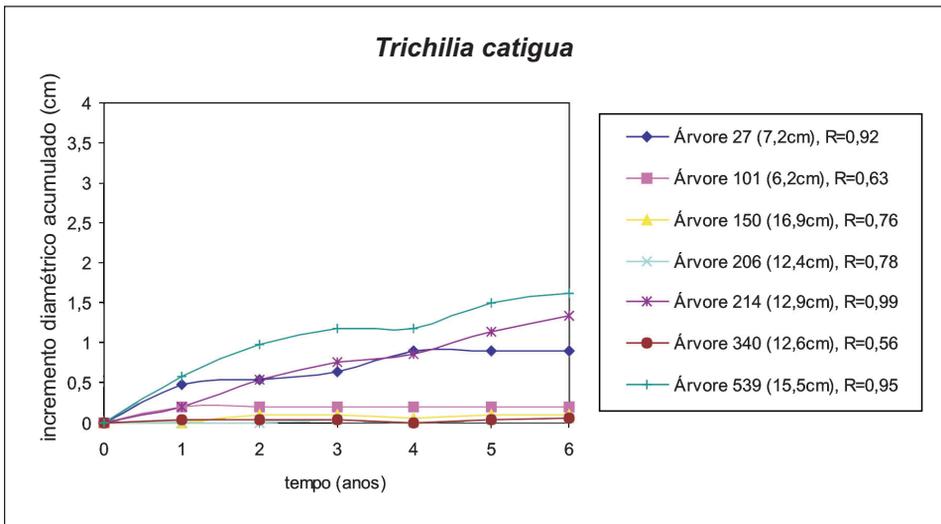


Figura 12. Curvas de incremento diamétrico acumulado de árvores de *Trichilia catigua*. Os valores entre parênteses correspondem ao diâmetro da árvore na primeira medição. **R**= coeficiente de correlação entre os valores de incremento diamétrico acumulado e o número de anos.

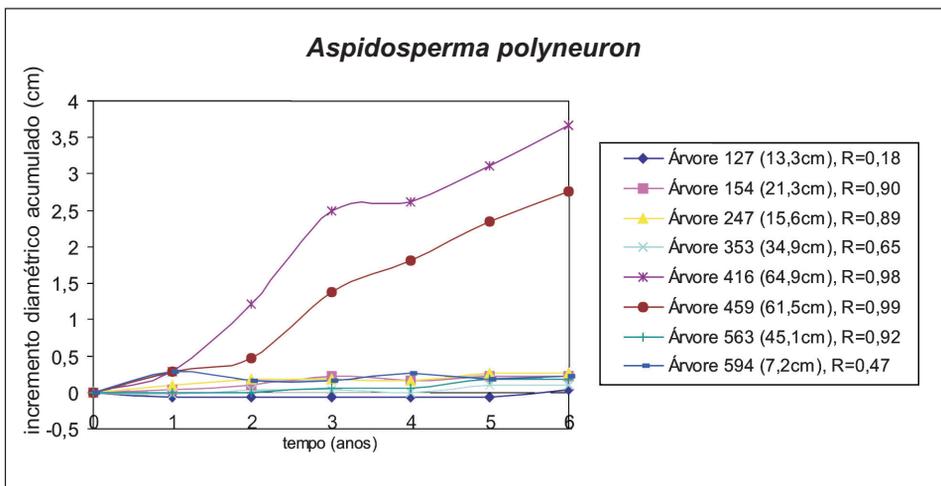


Figura 13. Curvas de incremento diamétrico acumulado de árvores de *Aspidosperma polyneuron*. Os valores entre parênteses correspondem ao diâmetro da árvore na primeira medição. **R**= coeficiente de correlação entre os valores de incremento diamétrico acumulado e o número de anos.

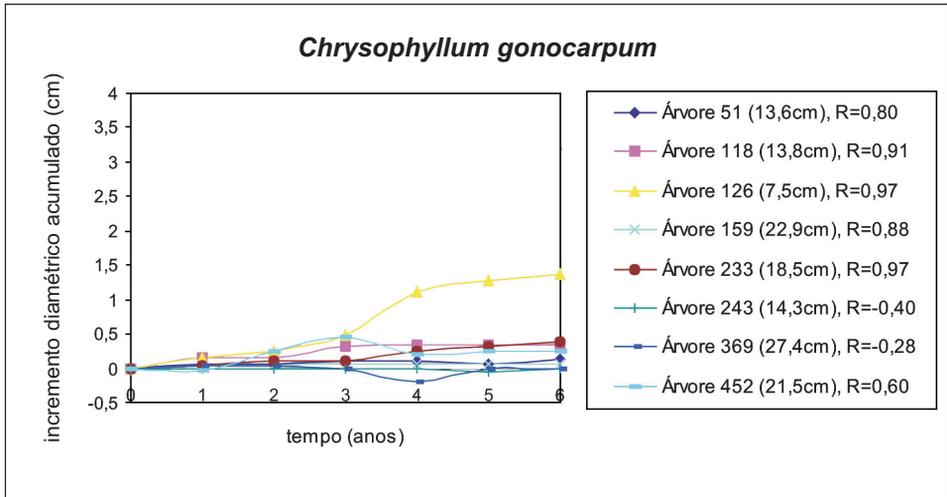


Figura 14. Curvas de incremento diamétrico acumulado de árvores de *Chrysophyllum gonocarpum*. Os valores entre parênteses correspondem ao diâmetro da árvore na primeira medição. **R=** coeficiente de correlação entre os valores de incremento diamétrico acumulado e o número de anos.

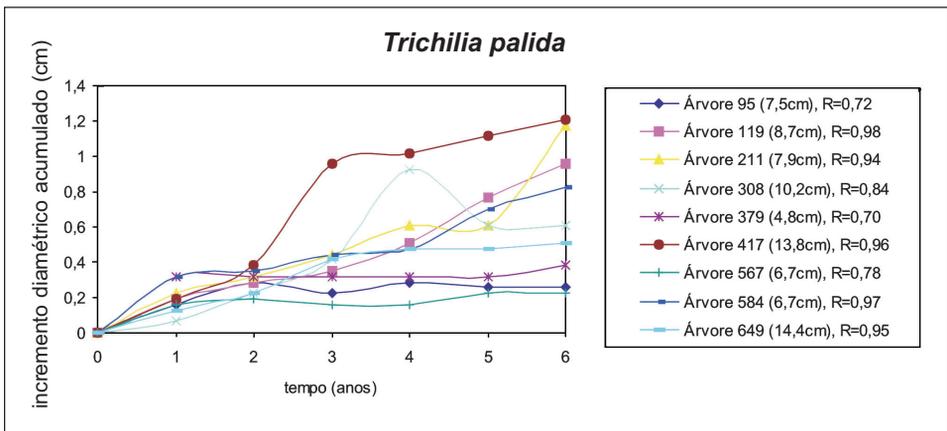


Figura 15. Curvas de incremento diamétrico acumulado de árvores de *Trichilia pallida*. Os valores entre parênteses correspondem ao diâmetro da árvore na primeira medição. **R=** coeficiente de correlação entre os valores de incremento diamétrico acumulado e o número de anos.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram as observações de Swaine (1990), de que existem variações entre espécies e entre árvores da mesma espécie, de tamanho ou constituição genética distintos, mas que o crescimento de uma árvore individual tende a ser pouco variável em períodos sucessivos.

As diferenças encontradas no ritmo de crescimento diamétrico entre indivíduos da mesma espécie (Figuras 9 a 15) parecem ter sido determinadas por fatores outros, além da idade ou porte da árvore.

Entre esses fatores podem estar a disponibilidade de recursos do meio para cada indivíduo, tais como luz (posição no dossel ou existência de clareiras) e umidade, que são extremamente variáveis dentro de florestas tropicais, ou o vigor dos indivíduos. Novos estudos, incluindo aspectos como a disponibilidade de luz e a distância das árvores mais próximas, podem auxiliar na interpretação das diferenças no ritmo de crescimento entre indivíduos da mesma espécie.

Os valores encontrados de correlação entre o porte dos indivíduos e o incremento diamétrico (Figuras 16 a 22) foram geralmente baixos. Apesar dos baixos valores de correlação, verifica-se que para espécies secundárias do estrato dominante (*Aspidosperma polyneuron* e *Savia dictyocarpa*), os indivíduos de maior porte tendem a crescer mais rapidamente e, no caso das espécies climácicas de crescimento lento (*Ocotea indecora* e *Chrysophyllum gonocarpum*), o crescimento em diâmetro tende a ser maior para os indivíduos de menor porte. Para as outras espécies (*Metrodorea nigra*, *Trichilia pallida* e *Trichilia catigua*), não se observou correlação entre incremento diamétrico e porte dos indivíduos.

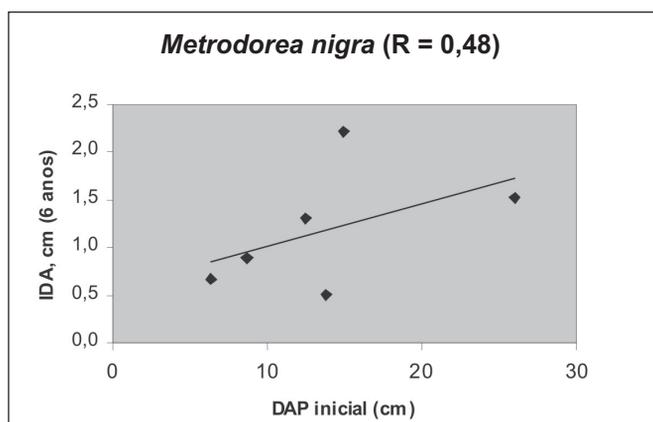


Figura 16. Correlação (R) entre o porte dos indivíduos de *Metrodorea nigra* e o incremento diamétrico acumulado ao longo de seis anos (IDA). **DAP** = diâmetro à altura do peito.

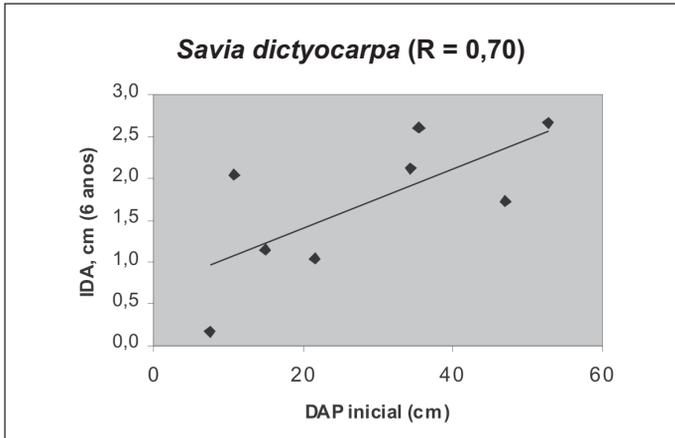


Figura 17. Correlação (R) entre o porte dos indivíduos de *Savia dictyocarpa* e o incremento diamétrico acumulado ao longo de seis anos (IDA). **DAP** = diâmetro à altura do peito.

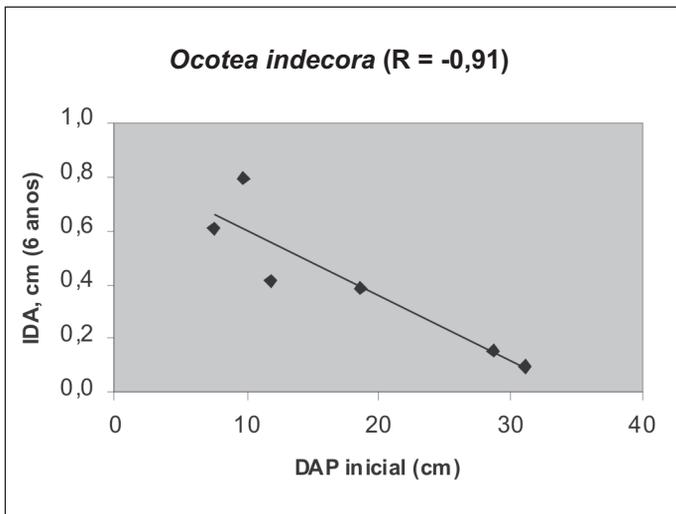


Figura 18. Correlação (R) entre o porte dos indivíduos de *Ocotea indecora* e o incremento diamétrico acumulado ao longo de seis anos (IDA). **DAP** = diâmetro à altura do peito.

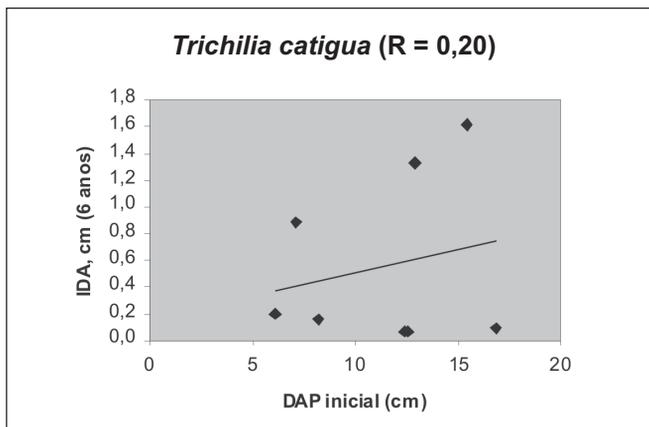


Figura 19. Correlação (R) entre o porte dos indivíduos de *Trichilia catigua* e o incremento diamétrico acumulado ao longo de seis anos (IDA). **DAP** = diâmetro à altura do peito.

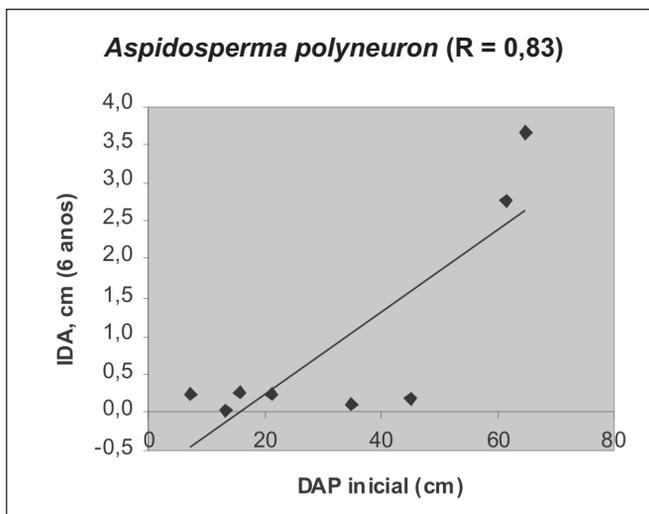


Figura 20. Correlação (R) entre o porte dos indivíduos de *Aspidosperma polyneuron* e o incremento diamétrico acumulado ao longo de seis anos (IDA). **DAP** = diâmetro à altura do peito.

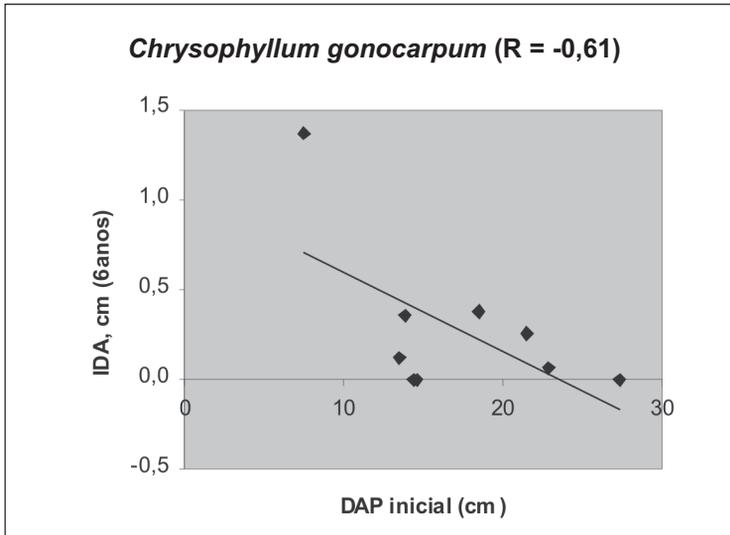


Figura 21. Correlação (R) entre o porte dos indivíduos de *Chrysophyllum gonocarpum* e o incremento diamétrico acumulado ao longo de seis anos (IDA). **DAP** = diâmetro à altura do peito.

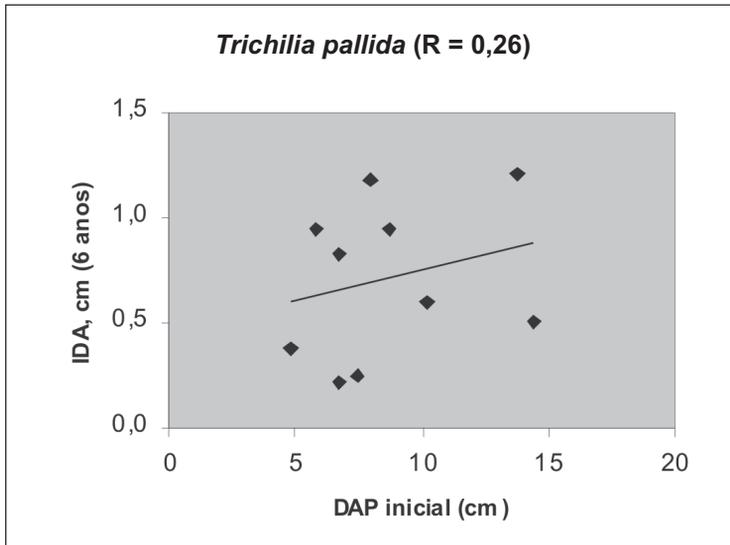


Figura 22. Correlação (R) entre o porte dos indivíduos de *Trichilia pallida* e o incremento diamétrico acumulado ao longo de seis anos (IDA). **DAP** = diâmetro à altura do peito.

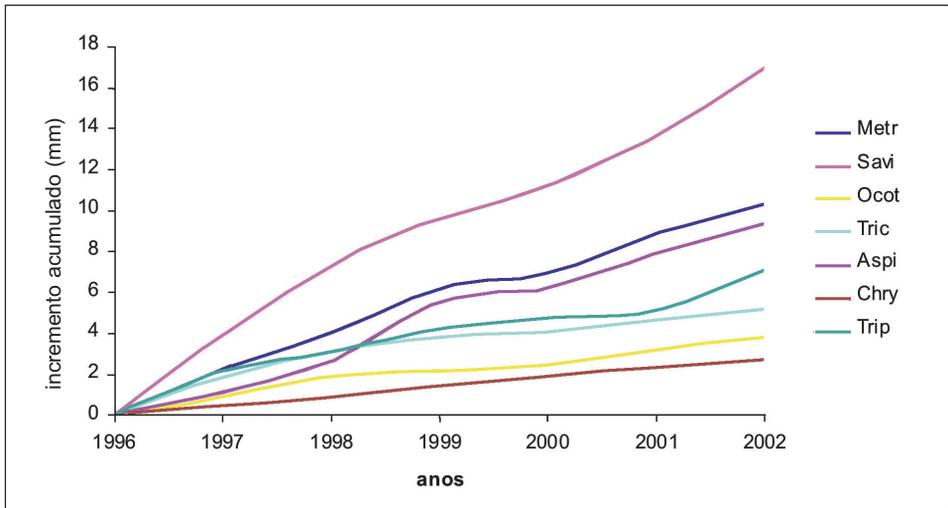


Figura 23. Incremento diamétrico anual acumulado de sete espécies arbóreas em floresta estacional semidecidual, ao longo de seis anos. *Metrodorea nigra* (Metr), *Savia dictyocarpa* (Savi), *Ocotea indecora* (Ocot), *Trichilia catigua* (Tric), *Aspidosperma polyneuron* (Aspi), *Chrysophyllum gonocarpum* (Chry) e *Trichilia pallida* (Trip).

Outros estudos de acompanhamento do crescimento revelaram que indivíduos arbóreos de uma mesma espécie podem apresentar períodos relativamente longos com baixas taxas de incremento e, às vezes, total interrupção do crescimento por vários meses e anos. Esta interrupção pode continuar por um período de tempo que varia entre espécies, entre anos, mas acima de tudo em função do vigor da árvore, que pode se alterar com a idade, ou ainda em função de fatores como a posição no dossel da floresta (Détienne, 1989).

Na Figura 23 e na Tabela 2 são apresentados os resultados de crescimento diamétrico para as sete espécies estudadas, em um período de seis anos.

As espécies que obtiveram os maiores ganhos em incremento médio anual foram *Savia dictyocarpa* e *Aspidosperma polyneuron*, com 2,82 e 2,21mm, respectivamente. Ambas as espécies chegam a atingir grande porte, com árvores emergentes ou formando a camada superior do dossel. As espécies de crescimento mais lento foram *Chrysophyllum gonocarpum* e *Ocotea indecora*, com incremento médio anual em diâmetro de 0,47 e 0,63mm, respectivamente. Essas espécies são de porte médio e raramente atingem o topo do dossel.

Os incrementos diamétricos anuais não diferiram significativamente entre anos para cada espécie, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Também para a maioria dos indivíduos, de todas as espécies, verificou-se que o

incremento diamétrico anual tende a ser constante, pelo menos em um espaço de tempo de seis anos. Houve, porém, diferenças no ritmo de crescimento em diâmetro entre indivíduos da mesma espécie (Figuras 9 a 15). Desse modo, as equações de regressão linear construídas com os pares de dados de todos os indivíduos de cada espécie (incremento diamétrico x tempo) resultaram em coeficientes de determinação baixos, que tornam pouco recomendável a estimativa de idade das árvores com a utilização de uma única equação para cada espécie (Tabela 3).

Tabela 3. Equações de regressão linear entre a idade da árvore e o DAP, com os seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

ESPÉCIE	Equação	R^2
<i>Metrodorea nigra</i>	Idade=2,90DAP +1,18	0,57
<i>Savia dictyocarpa</i>	Idade=2,30DAP+0,71	0,69
<i>Ocotea indecora</i>	Idade=4,79DAP+1,92	0,30
<i>Trichilia catigua</i>	Idade=1,96DAP+2,06	0,25
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Idade=0,84DAP+2,54	0,16
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	Idade=2,86DAP+2,32	0,23
<i>Trichilia pallida</i>	Idade=4,75DAP+0,69	0,70

Da mesma forma, seriam pouco precisas as estimativas de idade das árvores baseadas no incremento médio anual por espécie. Por outro lado, a estimativa de idade de cada indivíduo pode levar a valores de maior precisão, com base no seu ritmo individual de crescimento, para aqueles indivíduos que apresentam alta correlação entre incremento diamétrico e tempo.

Por exemplo, o maior indivíduo de *Savia dictyocarpa* (árvore nº. 613), com 52,9cm de DAP, teria a idade estimada, com base no seu ritmo individual de crescimento (0,45cm/ano), em 118 anos. No outro extremo, para a espécie de crescimento mais lento, o indivíduo de *Chrysophyllum gonocarpum* de número 233, com apenas 18,5cm de DAP, teria a idade estimada em 308 anos com base no seu ritmo individual de crescimento (0,06cm/ano). Naturalmente, essas estimativas não levam em conta as variações possíveis no ritmo de crescimento ao longo de todo o ciclo de vida do indivíduo, uma vez que foram feitas com base em um período de seis anos. Uma vez que há uma periodicidade de crescimento rítmico e sazonalidade, essas estimativas de idade poderiam vir a ser testadas pelo estudo de reconhecimento e identificação anatômica dos anéis de crescimento.

CONCLUSÕES

Existe sazonalidade, estreitamente relacionada à precipitação pluviométrica, no incremento diamétrico do tronco das árvores das espécies estudadas, que sofrem redução no diâmetro nos meses de seca e retomam o crescimento com as primeiras chuvas.

Há grande variação nas taxas de incremento diamétrico entre espécies. Cresceram mais rapidamente, em média, as espécies de grande porte, que ocupam o topo do dossel (*Savia dictyocarpa* e *Aspidosperma polyneuron*).

Para a maioria das espécies estudadas não existe correlação entre o ritmo de crescimento e o porte da árvore. Dentre as espécies que apresentam correlação, ainda que não muito elevada, *Savia dictyocarpa* e *Aspidosperma polyneuron* (que ocupam a camada superior do dossel) apresentaram crescimento mais rápido nos indivíduos maiores (provavelmente mais velhos); entre os indivíduos de *Ocotea indecora* e *Chrysophyllum gonocarpum* (espécies climácicas de porte médio, que podem completar o ciclo de vida à sombra), as árvores de menor porte apresentaram crescimento mais rápido em diâmetro.

Há uma grande variação nas taxas de incremento diamétrico entre indivíduos de uma mesma espécie, que precisa de novos estudos para que possa ser explicada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos aqueles que auxiliaram na obtenção dos dados e análise dos resultados, especialmente a Mitsuro Kawabata, Edison Adriano Berto, Viviane Soares Ramos e Antônio Carlos Galvão de Melo e aos três revisores anônimos pela cuidadosa revisão do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvim, P. T. 1964. Periodicidade do crescimento das árvores em climas tropicais. **In:** CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, Porto Alegre, 1964. **Anais...** Porto Alegre, UFRGS, pp. 405-422.
- Botosso, P. C. & Vetter, R. E. 1991. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em 8 espécies arbóreas tropicais de floresta de terra firme (Amazônia). **Revista do Instituto Florestal**, **3**(2):163-180.
- Botosso, P. C.; Vetter, R. E. & Tomazello Filho, M. 2000. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacaréúba (*Calophyllum angulare* A.C. Smith, Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. ex Benth, Leg. Caesalpinoideae) de floresta de terra firme, em Manaus-AM. **In:** Roig. F.A. (comp.) **Dendrocronologia en América Latina**; EDIUNC, Mendoza, Argentina, pp. 357-379.

- Botosso, P. C. & Tomazello Filho, M. 2001. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. **In: Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, pp. 145-171.
- Bower, D.R. & Blocker, W.W. 1966. Accuracy of hands and tape for measuring diameter increments. **Journal of Forestry**, **64**:21-22.
- Budowski, G. 1965. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba** **15**(1):40-42.
- Cameron, R.J. & Lea, R. 1980. Band dendrometers or diameter tapes? **Journal of Forestry**, **78**:277-278.
- Chagas, R. K.; Oliveira-Filho, A.T.; Van Den Berg, E. & Scolforo, R.S. 2001. Dinâmica de populações arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais. **R. Árvore**, **25**(1):39-57.
- Chambers, J.Q.; Higuchi, N. & Schimel, J.P. 1998. Ancient tree in Amazonia. **Nature**, **391**:135-136.
- Clark, D. B. & Clark, A. D. 1993. Comparative analysis of microhabitat utilization by saplings of nine tree species in neotropical rain forest. **Biotropica**, **25**(4):397-407.
- Clark, A. D. & Clark, D. B. 1994. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in a Costa Rican tropical rain forest. **Journal of Ecology**, **82**:865-872.
- Condit, R.; Hubbel, S. P. & Foster, R. B. 1993a. Identifying fast-growing native trees from the Neotropics using data from a large, permanent census plot. **Forest Ecology Management**, **62**:123-143.
- Condit, R.; Hubbel, S. P. & Foster, R. B. 1993b. Mortality and growth of a commercial hardwood “el cativo”, *Prioria copaifera*, in Panama. **Forest Ecology and Management**, **62**:107-122.
- Condit, R.; Hubbel, S. P. & Foster, R. B. 1994. Density dependence in two understory tree species in a Neotropical forest. **Ecology**, **75**(3):671-680.
- Condit, R.; Hubbel, S. P. & Foster, R. B. 1995. Demography and harvest potential of Latin American timber species: data from a large, permanent plot in Panama. **Journal of Tropical Forest Science**, **7**(4):599-622.
- De Steven, D. 1994. Tropical tree seedling dynamics: recruitment patterns and their population consequences for three canopy species in Panama. **Journal of Tropical Ecology**, **10**(8):369-383.
- Détienne, P. 1989. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Bulletin New Series**, **10**:(2)123-132.
- Durigan, G. 1999. Árvores gigantes e milenares nas florestas paulistas: mito ou realidade? **IF Série Registros**, **20**:9-12.
- Durigan, G.; Franco, G. A. D. C.; Saito, M. & Baitello, J. B. 2000. Estrutura e diversidade do componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. **Revta. Brasil. Bot.**, **23**(4):371-383.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos.
- Felfili, J. M. 1995. Growth, recruitment and mortality in the Gama gallery forest in central Brazil over a six year period (1985-1991). **Journal of Tropical Ecology**, **11**:676-683.
- Ferreira L. 2002. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de florestas estacionais semidecíduais da região sudeste do Estado de São Paulo**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 103p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais).
- Fox, J.C.; Ades, P.K. & Bi, H. 2001. Stochastic structure and individual-tree growth models. **Forest Ecology and Management**, **154**:261-276.

- Henriques, R. P. B. & Sousa, E. C. E. G. 1989. Population structure, dispersion and microhabitat regeneration of *Carapa guianensis* in Northeastern Brazil. **Biotropica**, **21**(3):204-209.
- Herwitz, S.T. & Young, S.S. 1994. Mortality, recruitment, and growth rates of montane tropical rain forest canopy trees on mount Bellenden-Ker, northeast Queensland, Australia. **Biotropica**, **26**(4):350-361.
- Keeland, B.D. & Sharitz, R.R. 1993. Accuracy of tree growth measurements using dendrometer bands. **Canadian Journal of Forest Research**, **23**:2454-2457.
- Kohyama, T. & Hara, T. 1989. Frequency distribution of tree growth rate in natural forest stands. **Annals of Botany**, **64**:47-57.
- Korning, J. & Balslev, H. 1994. Growth rates and mortality patterns of tropical lowland tree species and the relation to forest structure in Amazonian Ecuador. **Journal of Tropical Ecology**, **4**:77-86.
- Kozlowski, T. T. 1963. Growth characteristics of forest trees. **Journal of Forestry**, **61**(9):655-662.
- Lang, G.E. & Knight, D.H. 1983. Tree growth, mortality, recruitment, and canopy gap formation during a 10-year period in a tropical moist forest. **Ecology**, **64**:1075-1080.
- Leite, A. M. C. & Rankin, J. M. 1981. Ecologia de plântulas de *Pithecolobium racemosum* Ducke. 1 - Número e distribuição de indivíduos. **Acta Amazonica**, **11**(1):19-34.
- Leite, A. M. C.; Rankin, J. M. & Lleras, E. 1982. Ecologia de plântulas de *Pithecolobium racemosum* Ducke. 2 - O comportamento populacional de plântulas. **Acta Amazonica**, **12**(3):529-548.
- Lieberman, M. & Lieberman, D. 1985. Simulation of growth curves from periodic increment data. **Ecology**, **66**(2):632-635.
- Lieberman, D. & Lieberman, M. 1987. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of Tropical Ecology**, **3**:347-358.
- Lieberman, D., Lieberman, M.; Peralta, R. & Hartshorn, G. S. 1985. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, **73**:915-924.
- Maria, V.R.B. 2002. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 126 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais).
- Mattos, I.F.A.; Rossi, M.; Silva, D.A. & Pfeiffer, R.M. 1996. Levantamento do meio biofísico e avaliação da fragilidade do ecossistema na Estação Ecológica dos Caetetus, SP. **Sociedade e Natureza**, **15**:388-393.
- Mohd, W.R. 1988. Modelling the tree growth in mixed tropical forests I. Use of diameter and basal area increments. **Journal of Tropical Forest Science**, **1**(2):114-121.
- Mozeto, A.A.; Fritz, P.; Moreira, M. Z.; Vetter, E.; Aravena, R.; Salati, E. & Drimmie, R. J. 1988. Growth rates of natural Amazonian forest trees based on radiocarbon measurements. **Radiocarbon**, **30**(1):1-6.
- Oliveira, L. C. & Silva, J. N. M.. 1993. Crescimento e regeneração natural de *Vochysia máxima* Ducke em uma floresta secundária no estado do Pará. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO 1/CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7. 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS-SBEF, pp.329-332.
- Poorter, L. & Bongers, F. 1993. **Ecology of tropical forests**. Wageningen Agricultural University, 223p.
- Ramirez, N. & Arroyo, M. K. 1987. Variación espacial y temporal en la depredación de semillas de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae: Caesalpinioideae en Venezuela). **Biotropica**, **9**(1):32-39.
- Santos, F. A.M. 2000. Growth and leaf demography of two *Cecropia* species. **Revista Brasileira de Botânica**, **23**(2):133-141.

Silva, R. P.; Santos, J.; Tribuzy, E. S.; Chambers, J. Q. Nakamura, S. & Higuchi, N. 2002. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in central amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, **166**:295-301.

Souza, A. L.; Araújo, P. A.; Campos, J. C. C. & Neto, F. P. 1993. Dinâmica de crescimento em diâmetro de uma floresta primária sem interferência: uma análise pelo tempo de passagem entre classes diamétricas. **Revista Árvore**, **17**(2):129-145.

Swaine, M. D. 1990. Population dynamics of tree species in tropical forests **In: NIELSEN, L. B. H.; NIELSEN, I. C.; BALSLEV, H. (eds.). Botanical Dynamics, Speciation and Diversity**. San Diego: Academic Press, pp. 3-101.

Terborgh, J., Cesar Flores, N.; Mueller, P. & Davenport, L. 1997. Estimating the ages of successional stands of tropical trees from growth increments. **Journal of Tropical Ecology**, **14**:833-856.

Veloso, H.P.; Rangel Filho & Lima, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE. 124p.

Vandermeer, J. & Boucher, D. 1997. Contrasting growth rate patterns in eighteen tree species from a post-hurricane forest in Nicaragua. **Biotropica**, **29**(2):151-161.

Vetter, R. & Botosso, P. C. 1988. Observações preliminares sobre a periodicidade e taxa de crescimento em árvores tropicais, **Acta Amazônica**, **18**(1-2):189-196.

Welden, C.W.; Hewett, S.T. & Foster, R.B. 1991. Sapling survival, growth, and recruitment: relationship to canopy height in a neotropical forest. **Ecology**, **72**(1):35-50.

Worbes, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees – a review. **IAWA Journal**, **16**(4):337-351.

Worbes, M. 1997. A study of forest dynamics and wood production in flooded forests (várzea) in the amazon basin, Brazil, using growth ring analyses for developing sustainable management systems. **In: Natural Resources and Development, Institute for Scientific Co-operation, Tübingen, Federal Republic of Germany**, v. 45/46, pp. 54-75.

Worbes, M. & Junk, W. J. 1989. Dating tropical trees by means of ¹⁴C from bomb tests. **Ecology**, **70**(2):503-507.

Worbes, M. & Junk, W. J. 1999. How old are tropical trees? The persistence of a myth. **IAWA Journal**, **20**(3):255-260.