

## A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Florestas  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## **Documentos**

**218** *Embrapa Florestas*  
ISSN 1980-3958

**112** *Embrapa Pantanal*  
ISSN 1981-7223

# **A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais**

Patricia Povoá de Mattos  
Evaldo Muñoz Braz  
Andre Felipe Hess  
Suzana Maria Salis

Embrapa Florestas  
Colombo, PR  
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Florestas**

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,  
83411-000, Colombo, PR - Brasil  
Caixa Postal: 319  
Fone/Fax: (41) 3675-5600  
www.cnpf.embrapa.br  
sac@cnpf.embrapa.br

**Embrapa Pantanal**

Rua 21 de Setembro, 1880,  
79320-900, Corumbá, MS - Brasil  
Caixa Postal: 109  
Fone/Fax: (67) 3234-5800 / 3234-5815  
www.cpap.embrapa.br  
sac@cpap.embrapa.br

**Comitê Local de Publicações**

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos  
Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida  
Membros: Álvaro Figueredo dos Santos,  
Antonio Aparecido Carpanezi, Cláudia  
Maria Branco de Freitas Maia, Dalva Luiz de  
Queiroz, Guilherme Schnell e Schuhli, Luís  
Cláudio Maranhão Froufe, Marilice Cordeiro  
Garrastazu, Sérgio Gaiad

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos  
Revisão de texto: Mauro Marcelo Berté  
Normalização bibliográfica: Francisca Rasche  
Editoração eletrônica: Mauro Marcelo Berté  
Fotos da capa: Mauro Marcelo Berté

**1ª edição**

Versão digital (2011)

**Comitê Local de Publicações**

Presidente: Suzana Maria de Salis  
Secretária: Eliane Mary P. de Arruda  
Membros: Ana Maria Dantas Maio, André  
Steffens Moraes, Vanderlei Doniseti  
Acaçio dos Reis, Viviane de Oliveira Solano

Supervisora editorial: Suzana Maria de Salis  
Normalização bibliográfica: Viviane de  
Oliveira Solano  
Tratamento de ilustrações: Eliane Mary P.  
de Arruda  
Editoração eletrônica: Eliane Mary P. Arruda  
Disponibilização na home page: Luiz Edevaldo  
Macena de Britto

**1ª edição**

Versão digital (2011)

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em  
parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Florestas**

---

A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais  
[recurso eletrônico] / Patrícia Povo de Mattos ... [et al.]. Dados eletrônicos  
- Colombo : Embrapa Florestas; Corumbá : Embrapa Pantanal, 2011.  
(Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 218)  
(Documentos / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7223 ; 112)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web:

<<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc218.pdf>>

<<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC112.pdf>>

Título da página da Web (acesso em 22 ago. 2011)

1. Dendrocronologia. 2. Manejo florestal. 3. Floresta tropical. 4.  
Ecologia florestal. I. Mattos, Patricia Povo de. II. Braz, Evaldo Muñoz. III.  
Hess, Andre Felipe. IV. Salis, Suzana Maria. V. Série.

CDD 582.16 (21. ed.)

---

© Embrapa 2011

# **Autores**

## **Patricia Pova de Mattos**

Engenheira-agrônoma, Doutora  
Pesquisadora da Embrapa Florestas  
pova@cnpf.embrapa.br

## **Evaldo Muñoz Braz**

Engenheiro Florestal, Doutor  
Pesquisador da Embrapa Florestas  
evaldo@cnpf.embrapa.br

## **Andre Felipe Hess**

Engenheiro Florestal, Doutor  
Professor da Universidade Estadual  
de Santa Catarina (UDESC)  
hessandre@yahoo.com.br

## **Suzana Maria Salis**

Bióloga, Doutora  
Pesquisadora da Embrapa Pantanal  
smsalis@cpap.embrapa.br



# Apresentação

A constante busca para que sejam disponibilizadas técnicas e protocolos para o manejo sustentável das florestas naturais está cada dia mais presente nas demandas estabelecidas por produtores e pela sociedade.

Esse tema está entre as prioridades de pesquisa da equipe da Embrapa Florestas, que há muitos anos contribui de forma efetiva para a otimização do manejo florestal.

O aprimoramento do manejo de espécies tropicais indica que os tratamentos devem ser direcionados por espécies, ambiente ou região, de acordo com o ritmo de crescimento e potencial de recuperação para novos ciclos de corte. Essas informações de crescimento são obtidas tradicionalmente de monitoramento de parcelas permanentes, mas ainda são escassas, pois demandam muito tempo e recursos.

Neste espaço, a dendrocronologia surge com uma ferramenta com potencial de resposta rápida para um grande número de espécies, para aquelas regiões com sazonalidade climática definida. Além das aplicações imediatas com a estimativa de idade e incremento médio, os estudos dos anéis de crescimento

abrem campo para desenvolvimento de trabalhos em diversas áreas de pesquisa, como dendroclimatologia, dendroecologia, etc.

Este trabalho é direcionado principalmente para técnicos e estudantes de engenharia florestal e áreas afins e busca divulgar os avanços de aplicações dessa ferramenta em estudos com espécies tropicais. Por outro lado se pretende colaborar para a implementação efetiva dessa metodologia para a inferência do crescimento e dinâmica das florestas naturais tropicais.

*Ivar Wendling*

Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento

# Sumário

<b>Introdução.....</b>	<b>9</b>
<b>Estudos de dinâmica e correlação com sazonalidade ambiental .....</b>	<b>17</b>
<b>Perspectivas para aplicação em manejo florestal .....</b>	<b>20</b>
<b>Considerações finais .....</b>	<b>26</b>
<b>Referências .....</b>	<b>27</b>



# A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais

---

*Patricia Povoá de Mattos*

*Evaldo Muñoz Braz*

*Andre Felipe Hess*

*Suzana Maria Salis*

## Introdução

A grande biodiversidade das florestas tropicais sempre ganha destaque quando a riqueza dessas florestas é o foco da discussão. No entanto, exatamente por sua grande riqueza e diversidade, o manejo florestal sustentável se torna extremamente complexo. Em uma floresta natural, árvores de diferentes espécies, idades e tamanhos coexistem no mesmo terreno, em contraste com florestas equiâneas onde existem distintas áreas com classes de idade homogêneas (BUONGIORNO; GILLESS, 1987). Durante muito tempo, o entendimento perfeito do jogo de forças nas florestas tropicais era apenas uma quimera. A identificação dessas dificuldades em publicações não é recente (DAVIS, 1966; OSMASTON, 1968). Mesmo quando conhecida a dinâmica de sucessão, não se dispunha de procedimento para o manejo de cada espécie. Identificou-se que a distribuição por classes diamétricas das árvores na floresta tende a diminuir das classes com menores diâmetros para as maiores, mas a chave para o manejo, ou seja, o tempo de passagem entre classes, que regularia a taxa de corte sustentável, era desconhecido.

Por outro lado, questões de sítio; competição entre as espécies; dominância de algumas, refletindo em necessidades de desbastes; competição devido à posição no estrato; recrutamento; mortalidade; situações ecológicas eventuais; dentre outras variáveis ou questões, influem na probabilidade de movimentação entre as classes (ingresso) e na distribuição diamétrica final. Isto faz com que individualmente as árvores possam ter crescimento diferenciado entre e intra espécies. Além disso, o ritmo de crescimento de muitas espécies nativas de florestas tropicais ainda é desconhecido. Por todas essas dificuldades, até a algum tempo o manejo de florestas naturais tropicais era visto com restrições. Assim, as técnicas de manejo foram mais direcionadas à redução de seu impacto ambiental do que propriamente para tratamentos silviculturais. O manejo era realizado a partir de dois métodos, policíclicos e monocíclicos. Os monocíclicos efetuavam o corte da floresta inteira, acompanhando a sucessão após a extração e nos policíclicos eram feitos tratamentos e avaliações em áreas definidas com redução de área basal e sem corte (testemunha). O estudo foi conduzido com as respostas por grupos de espécies e não para cada espécie. É importante reconstituir de maneira relativamente rápida o histórico das espécies de interesse em determinado sítio. É fundamental saber o seu incremento, qual o ponto de inflexão deste incremento e quais as determinantes que influenciam este incremento. Estas informações podem recuperar rapidamente situações de competição, viabilizando tratamentos silviculturais futuros.

Muitos autores já apresentaram alternativas para o manejo de florestas tropicais, adaptando técnicas de exploração e manejo direcionadas à sustentabilidade produtiva das florestas, com avanços importantes ao longo das últimas décadas no aprimoramento das técnicas de manejo de impacto reduzido no Brasil e em outros países (SILVA, 1989; SILVA; UHL, 1992; SILVA et al. 1995; DYKSTRA; HEINRICH, 1995; SIST et al.,

2002; HOMES et al., 2006; FIGUEIREDO et al., 2007). Apesar de se reconhecer o avanço do EIR (exploração de impacto reduzido) sobre a exploração predatória, aspectos ecológicos e genéticos continuam a ser muito pouco considerados. Mesmo os preceitos de sustentabilidade da produção preconizada pelo EIR têm sido questionados por pesquisas recentes (SCHULZE et al. 2005, BRIENEN; ZUIDEMA, 2006b; VAN GARDINGEN et al., 2006, SEBBENN et al., 2008; SIST; FERREIRA, 2007) que indicam a não sustentabilidade do manejo em longo prazo.

A correta interpretação da dinâmica de uma floresta secundária também é essencial para o manejo desse recurso. Kennard et al. (2002) estudaram os modelos de regeneração após distúrbios/ exploração em diferentes intensidades, em florestas secas de baixa altitude na Bolívia. Observaram grande redução de sementes viáveis após distúrbio causado por incêndio, ocorrendo a regeneração no local estudado mais intensamente por plântulas do que por rebrotas. No entanto, a mortalidade de plântulas durante o primeiro ano foi maior que de rebrotas. Em outro estudo, Kennard (2002) estimou que a riqueza de espécies, cobertura de copa e área basal ficaram acima de 75% de uma floresta madura, após 5, 8 e 23 anos, respectivamente, em área submetida anteriormente à agricultura e uso do fogo. A área basal na área após 50 anos foi quase duas vezes superior aquela da floresta madura. O autor sugere que a rápida recuperação pode ter sido devido ao alto percentual de rebrota das espécies, chuva de sementes nos campos abandonados ou histórico de distúrbio nos talhões maduros.

Fuhr et al. (2001) estudaram a estrutura da vegetação, composição florística e características de crescimento de *Aucoumea klaineana* Pierre, sob influência de idade do talhão e desbaste, em floresta da costa do Gabão, em condições de talhão monoespecífico secundário, derivado de regeneração natural após rodízio de cultivo. As mudanças em idade na

composição florística dos talhões não desbastados mostraram três estágios sucessionais, onde espécies pioneiras associadas com *A. klaineana* (do estabelecimento até 15 anos), foram progressivamente substituídas por espécies da floresta madura. A área basal aumentou e a densidade diminuiu com a idade, antes de atingir valores estáveis aos 40-45 anos. A mortalidade foi muito alta em talhões jovens, mas decresceu nos mais velhos.

Informações sobre a dinâmica de crescimento das espécies arbóreas de uma floresta compõem o conhecimento mínimo necessário para o planejamento do manejo sustentável. O incremento é, principalmente, reflexo da interação árvore x espécie x ambiente, podendo variar regionalmente. Muito ainda precisa ser feito, principalmente quando o assunto se remete ao ciclo ou intensidade de corte. Essas informações são ainda muito incipientes para regiões tropicais, porque dependem de séries históricas de crescimento de espécies, tradicionalmente obtidas pelo monitoramento do crescimento em parcelas permanentes. Sendo assim, para um manejo razoavelmente eficaz, o incremento regional das espécies deve ser conhecido, além da influência de determinadas situações de competição. A adequação do peso de intervenção e refinamento dos tratamentos silviculturais para um grupo de espécies de determinado local dificilmente servirão para outro, sendo importante que os protocolos para o manejo sustentável sejam determinados localmente com agilidade.

O monitoramento de florestas nativas com parcelas permanentes (PP) possibilita o conhecimento da situação do povoamento e são ferramentas muito úteis aos responsáveis pelo planejamento do manejo florestal. São importantes para o estudo da estrutura e da dinâmica, informações como recrutamento, mortalidade e ingresso, além do potencial volumétrico do povoamento, e podem ser incrementadas com o cruzamento de informações de estudos dendrocronológicos.

Os estudos dos anéis de crescimento são a alternativa para recuperação das informações de crescimento de forma mais rápida, sendo usados por pesquisadores em estudos com espécies de clima temperado, há muitos anos. Pesquisadores do mundo todo relatam avanços em diversas áreas, como dendroclimatologia (HUGHES, 2002; FALCON-LANG, 2005; SENKBEIL et al., 2007); dendroecologia com espécies lenhosas arbustivas (BAR et al., 2006; PERGL et al., 2006), efeito de poluição no crescimento das árvores (TOLUNAY, 2003; WILCZYNSKI, 2006), dendroentomologia (VEJPUSTKOVA; HOLUSA, 2006; ESPER et al., 2007); entre tantos outros.

Spiecker (2002) reporta o conhecimento dos anéis de crescimento e sua aplicação no manejo florestal na Europa. Ressalta a importância de se conhecer o crescimento das florestas para se estabelecer um manejo florestal sustentável, pois o conhecimento do crescimento da floresta não descreve apenas o potencial de produção em volume e as dimensões e qualidade da madeira produzida, mas é importante base para a compreensão das interações entre a floresta e o ambiente. Ressalta que os anéis revelam informação precisa sobre a reação do crescimento passado e às mudanças ambientais. Possibilitam uma melhor compreensão da sensibilidade da espécie em determinado local às mudanças ambientais e promove informação dos riscos dessas mudanças. O autor afirma ainda que os anéis de crescimento dão base para a escolha da composição de espécies e da análise dos efeitos de idade no crescimento da floresta e efeitos de espaçamento e competição, além da análise dos anéis possibilitarem a melhora do controle da qualidade da madeira e contribuir para o manejo da eficiência de custos da floresta.

Pelas diferenças visuais marcantes entre os anéis de crescimento das espécies temperadas e pela presença de camadas de crescimento menos distintas, ou por generalização de resultados

obtidos em amostras de espécies ou locais tropicais em que as camadas de crescimento não são formadas anualmente, acreditou-se por muito tempo que as espécies tropicais não formavam anéis anuais. Ainda hoje, dependendo da escola de formação, em função de mestres e seguidores, muitos profissionais valorizam pouco a informação obtida pelo estudo dos anéis de crescimento em espécies tropicais, apesar dos inúmeros trabalhos disponíveis na literatura científica que destacam o potencial e a aplicabilidade da dendrocronologia em espécies tropicais e sub-tropicais.

Apesar da resistência, relatos com resultados promissores ou já validados são cada vez mais frequentes. Worbes (2002) faz uma análise de 100 anos de pesquisa em dendrocronologia nos trópicos. Em mais de 20 países tropicais, inúmeras espécies com anéis de crescimento anuais já foram confirmadas, em resposta a sazonalidade climática, como por exemplo, com estações anuais de seca ou de inundação.

Callado et al. (2001) estudaram, em floresta Atlântica no Rio de Janeiro, a periodicidade de formação de anéis de crescimento em *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC, *Tabebuia umbellata* (Sond.) Sandwith, *Symphonia globulifera* L. e *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. O crescimento radial se correlacionou com a fenologia, a temperatura, a precipitação, o fotoperíodo, o regime de inundação e os ritmos endógenos. Todas as espécies apresentaram anéis de crescimento anual, mas com padrões de crescimento radial diferente. Em uma floresta com inundação sazonal num tributário do baixo rio Orinoco, Venezuela, Dezzeo et al. (2003) observaram a ocorrência de anéis de crescimento sazonais em *Campsiandra laurifolia*, *Acosmiun nitens*, *Pouteria orinocoensis* e *Psidium ovatifolium*, com forte relação com a flutuação do nível da água do rio, durante os meses não inundáveis.

Formação de anéis de crescimento anuais pela sazonalidade da precipitação pluviométrica foram relatados para *Pterocarpus angolensis*, no Zimbábue (STAHLE et al., 1999), *Juniperus procera* em floresta de altitude na Etiópia (COURALET et al., 2005; WILS et al., 2009), para diferentes espécies do Pantanal Mato-Grossense, como *Tabebuia heptaphylla* (MATTOS et al., 2004), *Tabebuia impetiginosa* e *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (MATTOS; SEITZ, 2008) e *Diptychandra aurantica* (MATTOS et al., 2009); *Prosopis pallida*, no Chile (LOPEZ et al., 2006); *Aphananthe monoica*, *Pleuranthodendron lindenii* e *Psychotria costivenia*, no México (YANEZ-ESPINOSA et al., 2006), entre outros.

Heinrich et al. (2008) mencionam que na Austrália, como em várias florestas tropicais de outras partes do mundo a dendroclimatologia é pouco aplicada, devido a raridade de espécies que produzem anéis anuais distintos anatomicamente, além de muitas espécies na Austrália produzirem camadas de crescimento não anuais. No entanto, trabalhos atuais com a espécie australiana *Toona ciliata* revelaram ser uma espécie com grande potencial para estudo de anéis de crescimento. É uma espécie decídua, com dormência do câmbio, marcando anel anual de crescimento. Com esta espécie construíram uma cronologia de 140 anos. Os anos indicadores estavam correlacionados a precipitação de março a junho, sendo reconstruída a série histórica com os anéis de crescimento com 35% de variação.

Barichivich et al. (2008) apresentam uma análise detalhada das respostas climáticas e influência do ENSO (*El Niño/La Niña-Southern Oscillation*) e PDO (*Pacific Decadal Oscillation*) nos anéis de crescimento de *Kageneckia angustifolia*, *Proustia cuneifolia* e *Fabiana imbricata*, espécies das regiões sub-tropical árida e semi-árida do deserto do Atacama ao norte do Chile. O crescimento radial dessas espécies é controlado pela precipitação do inverno e é positivamente correlacionado com a temperatura durante a

maior parte da estação das chuvas, de abril a setembro. O clima regional e o crescimento das árvores é altamente modulado pelo ENSO e condições semelhantes no Pacífico equatorial tanto na escala interanual como interdecadal.

A seleção da espécie, local de coleta e sazonalidade climática ou de condições ambientais são critérios importantes para obter resultados promissores em estudos dendrocronológicos. Também é importante estar atento aos eventos que ocasionam a formação dos falsos anéis. Esses podem estar presentes, dificultando a datação dos anéis de crescimento. Cherubini et al. (2003) destacam que algumas regiões do mediterrâneo não formam anéis anuais, frequentemente pela falta de sazonalidade marcante, não forçando períodos de dormência nas plantas. Como exemplo, são apresentados estudos em *Arbutus unedo*, *Fraxinus ornus*, *Quercus cerris*, *Q. ilex* e *Q. pubescens*, e as dificuldades observadas para a datação dos anéis. Apesar das dificuldades, alguns locais do mediterrâneo podem ser usados para fins dendrocronológicos, mas cuidados especiais devem ser tomados na seleção do local, das espécies e da árvore a ser amostrada. Priya e Bhat (1998), estudaram discos de *Tectona grandis* de 8 e 12 anos para determinar fatores ambientais responsáveis pela formação de falsos anéis em teca. A datação cruzada com amostras de plantios e do experimento, incluindo seca induzida, mostrou que chuva durante o período seco, seca durante a estação de crescimento e juvenilidade são fatores importantes para falsos anéis nessa espécie. Falsos anéis também podem ser marcados em decorrência de desfolhamento por insetos ou outros eventos climáticos, como vendavais.

Schmitz et al. (2007) relatam formação de câmbios sucessivos não determinados por sazonalidade climática em *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh., no Quênia, sendo uma espécie não recomendada para estudos dendrocronológicos. Ainda assim, alguns pesquisadores apresentam resultados positivos na

detecção de formação de camadas anuais em espécies que não apresentam anéis visíveis, usando isótopos estáveis que são incorporados às camadas de células ao longo do ano (POUSSART et al., 2004; OHASHI et al., 2009).

Dificuldades para o estudo dos anéis de crescimento em espécies tropicais devem ser analisadas caso a caso. Por exemplo, *Rhizophora mucronata* foi descrita na literatura como sem anéis anuais de crescimento. No entanto, Verheyden et al. (2004) observaram que as camadas de crescimento são definidas por baixa densidade de vasos no lenho inicial e alta densidade no lenho tardio. A formação desses anéis de crescimento e sua periodicidade ocorreram independentemente das condições ambientais do local, mas a sazonalidade dos anéis foi afetada por taxas de crescimento baixas, sendo possível determinar a idade apenas em árvores com taxas de crescimento radial acima de 0,5 mm por ano. Observaram ainda que a ocorrência de formação da baixa densidade de vasos coincidiu com um longo período de chuvas (abr/mai) continuando até o curto período de chuvas (nov). A alta densidade de vasos é formada durante a estação seca (dez/mar), fortalecendo a resposta de *R. mucronata* apresentar potencial dendrocronológico e aplicações silviculturais.

### **Estudos de dinâmica e correlação com sazonalidade ambiental**

Uma espécie pode responder de forma diferente às condições ou habitat em que está crescendo. Por esse motivo, o entendimento da dinâmica de crescimento de espécies arbóreas em condições naturais é importante para o seu manejo sustentável. Na literatura são encontrados relatos de estudo de dinâmica de espécies tropicais mostrando comportamentos diferenciados da mesma espécie em diferentes locais ou diferentes espécies no mesmo local. Steenkampa et al. (2008), estudaram a estrutura etária da população de *Acacia erioloba* no Parque Kgalagadi

Transfrontier, localizado entre a África do Sul e Botsuana e obtiveram relação entre idade e diâmetro. Observaram que a população no campo apresentou estrutura etária mais equilibrada que aquela localizada próximo ao rio Nossob, onde havia baixo recrutamento.

Considerando a resposta da mesma ou de diferentes espécies às condições climáticas, as contribuições do estudo dos anéis de crescimento enriquecem o estudo da dinâmica de crescimento das espécies florestais. Lopez et al. (2006) estudaram duas espécies que ocorrem naturalmente ao longo do gradiente latitudinal da América Latina, do Peru (*Prosopis pallida*) ao centro do Chile (*Prosopis chilensis*), para observar as respostas do crescimento à precipitação, temperatura e sua ligação aos fenômenos ENSO. Apesar da distância entre os locais, as duas espécies apresentaram resultados de correlação similares, respondendo positivamente à precipitação. Resultados semelhantes foram obtidos por Enquist e Leffler (2001), que determinaram as taxas de crescimento pelo estudo dos anéis de crescimento, de duas espécies da floresta tropical seca da Costa Rica (*Capparis indica* (L.) Fawc. e *Genipa americana* L.) com comportamentos fenológicos contrastantes, e observaram que as duas espécies mostraram sensibilidade à precipitação mensal ou anual, mas menor sensibilidade à temperatura. Fichtler et al. (2004) estudaram anéis de crescimento de *Burkea africana* e *Pterocarpus angolensis* em floresta semi-árida na Namíbia. *B. africana* se mostrou mais sensível à variação de precipitação que *P. angolensis* nos dois locais. A resposta do crescimento à precipitação foi positiva, mas ocorreu uma defasagem em tempo na resposta entre os locais, correspondendo ao intervalo do início da estação de crescimento. A temperatura mostrou relação negativa com o crescimento em diâmetro em ambos os locais. A resposta na área mais a oeste a dois índices ENSO indica que o crescimento da árvore decresceu durante os anos de El Niño, que são geralmente anos secos no sul da África.

A análise do crescimento com os dados climáticos deve levar em consideração as variáveis climáticas que interferem no crescimento daquela espécie. Buckley et al. (2007) apresentaram a primeira cronologia construída a partir de anéis de crescimento para o Lao, usando amostras de *Pinus merkusii* Junghuhn & De Vriese. A cronologia reflete um período de 262 anos, que após correlacionar com dados climáticos, observaram correlação negativa, com a precipitação em junho no ano anterior, e correlação positiva com a temperatura máxima em agosto-setembro. O crescimento radial também foi correlacionado negativamente ao percentual de nebulosidade, sugerindo que o crescimento pode ser afetado pela disponibilidade de luz e não necessariamente as temperaturas mais elevadas exclusivamente. Schongart et al. (2005) relatam a *Macaranga acaciifolia* (Benth.) Benth., como uma espécie com anéis anuais, definidos pelo ciclo de inundação anual. Conseguiram datar, na Amazônia brasileira, árvore com mais de 500 anos para área de Igapó e para várzea as árvores não atingiram 200 anos. O incremento no Igapó também foi observado como sendo bem mais lento que na várzea. Esses autores observaram sinais de crescimento maior durante eventos do ENSO, pelas secas, aumentando a fase terrestre.

Shaha et al. (2007) reconstruíram a precipitação de junho a setembro, baseado em anéis de crescimento de *Tectona grandis* L., para região da Índia. Já foi visto que o crescimento dessa espécie é limitado por baixa precipitação das monções. Foi reconstruída a precipitação de junho a setembro até 1835, usando a largura dos anéis de crescimento. Muitos dos anos de baixas monções observados coincidem com secas severas na Índia.

Paolini et al. (2005) estudaram a variabilidade de precipitação em uma encosta de floresta subtropical Montana na Argentina. Usaram dados de instrumentos e de anéis de crescimento, que

indicam que as chuvas nessa região aumentaram durante a segunda metade do século XX e que também aumentaram os deslizamentos de terra. A previsão para o século XXI de aumento das chuvas do verão poderia causar mudanças ambientais importantes nesse ecossistema, segundo observações dos autores em questão.

## Perspectivas para aplicação em manejo florestal

A confirmação do potencial dendrocronológico para se estimar a idade e crescimento diamétrico das árvores já é uma etapa vencida para muitas espécies, apesar de ser importante a ampliação do conhecimento para locais ou espécies ainda não estudadas. No entanto, ainda é necessário incorporar definitivamente esta ferramenta nas pesquisas visando apoio ao manejo de florestas naturais tropicais, pois muitos são os trabalhos com resultados relevantes sobre a dinâmica das espécies tropicais, obtidos pelo estudo dos anéis de crescimento.

Couralet et al. (2005), estudaram a demografia e distribuição de árvores de *Juniperus procera*, em florestas secas de altitude da Etiópia. A informação de maior relevância foi que a taxa de crescimento da população é altamente sensível a mudanças no crescimento e na sobrevivência de árvores entre 10 e 40 cm de DAP (diâmetro à altura do peito). Para o manejo das florestas isso implica que os indivíduos de classe de tamanho intermediário devem ser protegidos sob forma de manejo e tratamentos silviculturais e extraídos para corte apenas sob condições planejadas. Os resultados mostram que uma abordagem simples pode ser facilmente adotada em outras áreas ou com outras espécies. Por dendrocronologia, Silla et al. (2002) estudaram regeneração e dinâmica de *Fitzroya cupressoides*, espécie ameaçada de extinção endêmica do sul do Chile e partes da Argentina. A partir de levantamentos da distribuição de classes de idade, condições de micro-sítio e análise genética, observaram

um padrão de regeneração após catástrofes ou distúrbios graves como o fogo. O estudo dos anéis de crescimento em *Callitris preissii* se mostrou eficiente para recuperar o histórico de fogo em área de floresta seca na Austrália (O'DONNELL et al., 2010). Os anéis de crescimento também foram úteis para a avaliação da dinâmica e diversidade da vegetação pós fogo no Mediterrâneo (CAPITANIO; CARCAILLET, 2008).

Zimmer e Baker (2009) estudaram a dinâmica histórica e climática de um talhão de *Pinus* tropical na Tailândia, por dendrocronologia. Comentam que em florestas tropicais sazonais, onde a estação seca anual é o maior limitante a sobrevivência de plântulas, possivelmente um período de alguns anos de relativamente menos calor, e estações de secas menos intensas, podem ser requisitos para recrutamento adequado de determinada espécie. Para avaliar essa hipótese, compararam a estrutura de idade da floresta com dados climáticos registrados desde 1902. Apesar de não terem observado correlação entre recrutamento e clima, observaram que em geral o recrutamento satisfatório estava associado a condições climáticas favoráveis.

Menezes et al. (2003) estudaram anéis de crescimento anual e padrões de longo tempo de *Rhizophora mangle*, de península Bragança, no norte do Brasil. Pelo crescimento médio radial foi possível classificar em três grupos distintos (rápido, médio e lento). O crescimento apresentou correlação com a precipitação nos meses de transição entre a estação seca e de chuvas. A região de crescimento mais lento mostrou relação entre largura do anel e o número de meses com menos de 50 mm de precipitação.

Roig et al. (2001) apresentaram uma cronologia de 1.229 anos desenvolvida com o uso de troncos fósseis de *Fitzroya cupressoides*, com idade que chega aos 50 mil anos. Essa é uma conífera da América do Sul que pode atingir idade de até 3.600

anos. Cronologias deduzidas de árvores vivas de *F. cupressoides* mostram fortes similaridades com a cronologia de 50 mil anos de idade, indicando semelhanças nos fatores de crescimento com as condições atuais. Lopez et al. (2005) também construíram uma cronologia mestre para a área norte do Peru, com dados de anéis de crescimento de *Prosopis pallida*. O crescimento anual mostrou correlação com a precipitação e foi relacionado aos eventos do ENSO.

A dendrocronologia de espécies tropicais e sub-tropicais também tem se mostrado útil em estudos relacionando o crescimento dessas espécies com as mudanças climáticas registradas nas últimas décadas. Battipaglia et al. (2009) estudaram o crescimento de duas espécies normalmente usadas para plantios florestais na Itália, *Abies alba* Mill. e *Picea abies* L. Karst, e seu comportamento em relação às mudanças de clima do passado. O crescimento foi obtido pela largura dos anéis de crescimento e pela análise dos isótopos estáveis de carbono e oxigênio. Os dados dos isótopos e da largura dos anéis mostram que essas espécies sofreram adaptações às mudanças climáticas do mediterrâneo. Schongart et al. (2006) estudaram a relação do crescimento com o clima de 6 espécies tropicais do oeste da África e seu potencial dendrocronológico. Todas as espécies apresentaram significativa relação com a precipitação anual, provando a existência de anéis anuais. A cronologia mestre possibilitou a reconstrução da precipitação anual no UOC (*Climate Change Research*) até 1.840. A análise da série sugere aumento das condições áridas durante os últimos 160 anos, que podem causar grandes impactos nos ciclos hidrológicos e conseqüentemente na dinâmica do ecossistema e do desenvolvimento socioeconômico na região da Guiné, Congo e Sudão.

Indicativos de alterações nas condições de crescimento foram relatadas por Mattos et al. (2010) em estudo conduzido com seis

espécies de um remanescente de floresta Ombrófila Mista, no Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Os autores observaram uma aceleração do crescimento médio a partir das primeiras décadas do século passado e sugerem que esse padrão de crescimento seja consequência de variações climáticas locais ao longo desse período. Além disso, foi determinado para algumas espécies incremento médio diferente por classe diamétrica, informação importante quando se considera o potencial de recuperação da espécie sob condições de manejo.

Ogden (1978) estudou o potencial dendrocronológico de árvores da Austrália. Naquela época, enfatizou que o maior potencial dendrocronológico da Austrália era de coníferas da Tasmânia, dos gêneros *Athrotaxis*, *Dacrydium* e *Phyllocladus*, não apenas por terem indivíduos longevos (mais de 2.000 anos), mas também por mostrar anéis distintos e anuais. Na época estavam sendo montadas cronologias de 1.000 e 780 anos para *A. cupressoides* e *Phyllocladus aspleniifolius*, respectivamente. Outras cronologias mais curtas também são promissoras, como a de *Callitris*. Essa espécie pode ser importante na reconstrução de precipitação em áreas semi-áridas, importante para o manejo e previsão de cenários futuros.

Períodos de limitações de disponibilidade de água podem ser percebidos de diferentes formas, de acordo com o ambiente e as características da espécie. Pumijumng e Wanyaphet (2006) observaram que a umidade do solo influenciou a atividade cambial de *Pinus merkusii* e *Pinus kesiya* no norte da Tailândia. No entanto, a precipitação e temperatura não apresentaram efeitos significativos da atividade cambial. O crescimento das duas espécies respondeu positivamente à chuva em maio. *P. merkusii* respondeu positivamente também a precipitação do ano anterior em novembro e do ano corrente em julho, sendo que *P. kesiya* mostrou alta dependência da chuva em setembro. Brienen e Zuidema (2005) relacionaram o crescimento de seis espécies

da Amazônia Boliviana com a precipitação, sendo observada uma relação positiva do crescimento com a precipitação em alguns períodos do ano. Três espécies mostraram forte relação com a precipitação no início da estação de crescimento enquanto uma delas foi mais sensível à precipitação no final da estação de crescimento anterior.

Menezes et al. (2003) ressaltam que além dos fatores abióticos, o efeito na estrutura da floresta sofre influência também de fatores bióticos, como competição por árvores vizinhas.

A análise da competição por espaço de copa em *Melia azederach* L., *Toona ciliata* M. Roem., *Chukrasia tabularis* A. Juss., *Vitex peduncularis* Wall. ex Schauer, *Neolitsea obtusifolia* Merrill, em uma floresta tropical na Tailândia foi desenvolvida por Baker e Bunyavejchewin (2006), sendo recuperada a série histórica de crescimento pelos anéis de crescimento. Como esperado, as espécies apresentaram variações na estratégia de acesso ao dossel e as liberações de crescimento foram consistentes com as características de tolerância à sombra.

Resultados semelhantes foram obtidos por Brienen e Zuidema (2006a) quando estudaram os padrões de crescimento e idade de espécies da floresta amazônica boliviana, obtido pelos anéis de crescimento. Foi percebida uma clara diferença entre as espécies e como elas atingiam o dossel e na duração do período de crescimento lento de cada uma, sugerindo diferenças na tolerância ao sombreamento e respostas de crescimento em clareiras, que são indicativos de diferenças de história da vida entre espécies arbóreas não pioneiras.

Brienen et al. (2009) estudaram o potencial dos anéis de crescimento para o estudo de sucessão florestal no sul do México. A reconstrução da data de estabelecimento das espécies revelou que o estabelecimento de espécies pioneiras e não pioneiras ocorre no início da sucessão e que espécies dos dois

grupos continuam sendo recrutadas após muitos anos. Esses resultados ressaltam a importância do conhecimento da dinâmica de sucessão e crescimento das espécies arbóreas e o papel das clareiras no recrutamento de árvores para o dossel superior, e a utilidade dos anéis de crescimento na reconstrução dos padrões de crescimento em florestas tropicais.

O uso de informações dos anéis de crescimento para planejamento do manejo florestal já é usado regularmente em florestas de regiões temperadas (SPIECKER, 2002). Em regiões tropicais, relatos como o trabalho desenvolvido por Gourlay et al. (1996), onde foi estudada a produção de madeira de *Acacia karroo* no Zimbábue eram raros. Esses autores determinaram a produção anual, maior incremento anual, e o período de declínio, determinando o ciclo da árvore e a melhor rotação para exploração econômica. Em floresta subtropical Montana na Argentina, Grau (2000) estudou o padrão de regeneração de *Cedrela lilloi*, usando informações dos anéis de crescimento, com amostragem não destrutiva em indivíduos acima de 4 cm de DAP, em altitude variando de 850 a 1350 m. Obteve o crescimento médio anual de 2 a 4 mm por ano. Concluiu que, apesar dos padrões de regeneração e crescimento, *C. lilloi* sugeriu um potencial para manejo sustentável baseado em pequenas clareiras que a dinâmica espacial no talhão precisa ser considerada para se garantir a regeneração.

Therrell et al. (2007) estudaram a idade e dinâmica de crescimento radial de *Pterocarpus angolensis* no sul da África, pelos anéis de crescimento. Os dados indicaram existir relação entre diâmetro e cerne, sugerindo que o diâmetro de corte pode ser bem estimado.

No Brasil, apesar de escassas, já são encontradas literaturas citando o crescimento como fonte de informação para determinação dos volumes de colheita e ciclos de corte, visando

o manejo florestal sustentável. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de Schongart (2008), em várzeas inundáveis da Amazônia brasileira que desenvolveu o conceito do manejo específico por espécie, diâmetro mínimo de corte e duração do ciclo de crescimento dando um passo na determinação de taxas de extração mais realistas para o manejo de florestas naturais tropicais. A análise da sustentabilidade do manejo florestal da Amazônia, com informações relevantes e complementares do crescimento dessas espécies possibilitaram a conclusão de que *Amburana cearensis* var. *acreana* (THAINES et al., 2010) e *Malouetia tamaquarina* (Aubl.) (Apocynaceae) (LEONI et al., 2011) precisam ajustar o ciclo e taxa de corte, para evitar a sobre-exploração. Brienens e Zuidema (2006b) na Amazônia boliviana determinaram idades ideais de corte e o ingresso e distribuição nas classes diamétricas para a futura exploração mostrando como a análise de anéis pode ser forte auxiliar no manejo das florestas tropicais. As espécies estudadas foram a *Amburana cearensis*, *Cedrela odorta*, *Cedrelinga catenaeformis*, e a *Peltogyne* cf. *heterophylla*, todas de ocorrência também na Amazônia brasileira. Na região do Pantanal Matogrossense, Mattos et al. (2010) também usaram dendrocronologia para recuperar informações sobre o crescimento de espécies nativas e propor um protocolo para o uso sustentável dessas espécies, considerando a taxa de corte sustentável.

## Considerações finais

Apesar do grande leque de linhas de pesquisa e resultados consistentes ainda são minoria as escolas de engenharia florestal no Brasil que apresentam essa técnica como excelente opção para obtenção de series históricas de crescimento longas, sendo frequentes os posicionamentos indiferentes em relação à presença ou à viabilidade de estudos dendrocronológicos em espécies tropicais. Esse cenário poderia e deveria ser mudado, contribuindo para a ampliação dos estudos com anéis de

crescimento de espécies brasileiras, como podem contribuir para o manejo sustentável das florestas tropicais do país.

Atualmente estão sendo desenvolvidos equipamentos e software para otimização de etapas de marcação e medição e análise dos anéis, o que possibilitará avanços ainda mais significativos para as diferentes áreas de pesquisa da dendrocronologia tropical.

A dendrocronologia pode contribuir com resultados de aplicação direta no manejo de florestas tropicais e subtropicais, pelos estudos de crescimento de espécies arbóreas, determinação do incremento e estimativa de idade. Informações obtidas pela análise de séries históricas de crescimento possibilitam a determinação do ponto de máximo desenvolvimento da estrutura da espécie, facilitando a determinação de diâmetros limite de corte e taxas sustentáveis; estudo da estrutura diamétrica, dinâmica (incluindo inferências sobre mortalidade e sobrevivência) em correlação e cruzamento com clima; estudos de competição; dinâmica histórica e os padrões de crescimento.

## Referências

BAKER, P. J.; BUNYAVEJCHEWIN, S. Suppression, release and canopy recruitment in five tree species from a seasonal tropical forest in western Thailand. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, p. 521–529, 2006.

BAR, A.; BRAUNING, A.; LOFFLER, J. Dendroecology of dwarf shrubs in the high mountains of Norway: a methodological approach. **Dendrochronologia**, v. 24, p. 17–27, 2006.

BARICHIVICH, J.; SAUCHYN, D. J.; LARA, A. Climate signals in high elevation tree-rings from the semiarid Andes of north-central Chile: responses to regional and large-scale variability. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 281, n. 3-4, p. 320-333, 2008.

BATTIPAGLIA, G.; SAURER, M.; CHERUBINI, P.; SIEGWOLF, R. T. W.; COTRUFO, F. Tree rings indicate different drought resistance of a native (*Abies alba* Mill.) and a nonnative (*Picea abies* (L.) Karst.) species co-occurring at a dry site in Southern Italy. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 820–828, 2009.

BRIENEN, R. J. W.; LEBRIJA-REJOS, E.; VAN BREUGEL, M.; PEREZ-GARCIA, E. A.; BONGERS, F.; MEAVE, J. A.; MARTINEZ-RAMOS, M. The potential of tree rings for the study of forest succession in Southern Mexico. **Biotropica**, v. 41, n. 2, p. 186–195, 2009.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 481–493, 2006a.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. **Oecologia**, v. 146, p. 1-12, 2005.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. The use of tree rings in tropical forest management: projecting timber yields of four Bolivian tree species. **Forest Ecology and Management**, v. 226, p. 256–267, 2006b.

BUCKLEY, B. M.; DUANGSATHAPORN, K.; PALAKIT, K.; BUTLER, S.; SYHAPANYA, V.; XAYBOUANGEUN, N. Analyses of growth rings of *Pinus merkusii* from Lao P.D.R. **Forest Ecology and Management**, v. 253, p. 120–127, 2007.

BUONGIORNO, J.; GILLESS, J. K. **Forest management and economics a primer in quantitative methods**. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. p. 89.

CALLADO, C. H.; SILVA NETO, S. J.; SCARANO, F. R.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Trees**, v. 15, p. 492–497, 2001.

CAPITANIO, R.; CARCAILLET, C. Post-fire Mediterranean vegetation dynamics and diversity: a discussion of succession models. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 431–439, 2008.

CHERUBINI, P.; GARTNER, B. L.; TOGNETTI, R.; BRAKER, O. U.; SCHOCH, W.; INNES, J. L. Identification, measurement and interpretation of tree rings in woody species from mediterranean climates. **Biological Review**, v. 78, p. 119-148, 2003.

COURALET, C.; SASS-KLAASSEN; U., STERCK; F., BEKELE, T.; ZUIDEMA, P. A. Combining dendrochronology and matrix modeling in demographic studies: an evaluation for *Juniperus procera* in Ethiopia. **Forest Ecology and Management**, v. 216, p. 317-339, 2005.

DAVIS, K. P. **Forest management**: regulation and valuation, 2nd. ed. New York: McGraw-Hill, 1966.

DEZZEO, N.; WORBES, M.; ISHII, I.; HERRERA, R. Annual tree rings revealed by radiocarbon dating in seasonally flooded forest of the Mapire River, a tributary of the lower Orinoco River, Venezuela. **Plant Ecology**, v. 168, p. 165–175, 2003.

DYKSTRA, D. P.; HEINRICH, R. FAO model code of forest harvesting practice. Rome: FAO, 1995.

ENQUIST, B. J.; LEFFLER, A. J. Long-term tree ring chronologies from sympatric tropical dry-forest trees: individualistic responses to climatic variation. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 41-60, 2001.

ESPER, J.; BUNTGEN, U.; FRANK, D. C.; NIEVERGELT, D.; LIEBHOLD, A. 1200 years of regular outbreaks in alpine insects. **Proceedings Royal Society Biological Sciences**, v. 274, n. 1610, p. 671–679, Mar. 2007.

FALCON-LANG, H. J. Global climate analysis of growth rings in woods, and its implications for deep-time paleoclimate studies. **Paleobiology**, v. 31, n. 3, p. 434–444, 2005.

FICHTLER, E.; TROUET, V.; BEECKMAN, H.; COPPIN, P.; WORBES, M. Climatic signals in tree rings of *Burkea africana* and *Pterocarpus angolensis* from semiarid forests in Namibia. **Trees**, v. 18, p. 442-451, 2004.

FIGUEIREDO, E.O.; BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d. (Ed.). **Manejo de precisão em florestas tropicais**: modelo digital de exploração florestal. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. 183 p.

FUHR, M.; NASI, R.; DELEGUE, M. A. Vegetation structure, floristic composition and growth characteristics of *Aucoumea klaineana* Pierre stands as influenced by stand age and thinning. **Forest Ecology and Management**, v. 140, p. 117-132, 2001.

GOURLAY, I. D.; SMITH, J. P.; BARNES, R. D. Wood production in a natural stand of *Acacia karroo* in Zimbabwe. **Forest Ecology and Management**, v. 88, p. 289-295, 1996.

GRAU, H. R. Regeneration patterns of *Cedrela lilloi* (Meliaceae) in northwestern Argentina subtropical montane forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 16, p. 227-242, 2000.

HEINRICH, I.; WEIDNER, K.; HELLE, G.; VOS, H.; BANKS, J. C. G. Hydroclimatic variation in Far North Queensland since 1860 inferred from tree rings. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 270, n. 1-2, p. 116–127, Dec. 2008.

HOMES, T. P.; BLATE, G. M.; ZWEEDE, J. C.; PEREIRA JUNIOR, R.; BARRETO, P.; BOLTZ, F. **Custos e benefícios financeiros da exploração florestal de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental**. Belém, PA: Fundação Floresta Tropical, 2002. 69 p.

HUGHES, M. K. Dendrochronology in climatology: the state of the art. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 95-116, 2002.

KENNARD, D. K. Secondary forest succession in a tropical dry forest: patterns of development across a 50-year chronosequence in lowland Bolivia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 53–66, 2002.

KENNARD, D. K.; GOULD, K.; PUTZ, F. E.; FREDERICKSEN, T. S.; MORALES, F. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**, v. 162, p. 197–208, 2002.

LEONI, J. M.; FONSECA JUNIOR., S. F.; SCHONGART, J. Growth and population structure of the tree species *Malouetia tamaquarina* (Aubl.) (Apocynaceae) in the central Amazonian floodplain forests and their implication for management. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 1, p. 62–67, Jan. 2011.

LOPEZ, B. C.; RODRIGUEZ, R.; GRACIA, C. A.; SABATE, S. Climatic signals in growth and its relation to ENSO events of two *Prosopis* species following a latitudinal gradient in South America. **Global Change Biology**, v. 12, p. 897–906, 2006.

LOPEZ, B. C.; SABATE, S.; GRACIA, C. A.; RODRIGUEZ, R. Wood anatomy, description of annual rings, and responses to ENSO events of *Prosopis pallid* H.B.K., a wide-spread woody plant of arid and semi-arid lands of Latin America. **Journal of Arid Environments**, v. 61, p. 541–554, 2005.

MATTOS, P. P. de; SALIS, S. M. de; LEHN, C. R.; SORIANO, B. M. A. **Crescimento diamétrico de carvão-vermelho (*Diptychandra aurantiaca*) no Pantanal Mato-grossense**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 244).

MATTOS, P. P. de; SEITZ, R. A.; SALIS, S. M. de. Potencial dendroecológico de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 48, p. 93-103, jan./jul. 2004.

MATTOS, P. P. de; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 319-326, nov./dez. 2010.

MATTOS, P. P. de; SEITZ, R. A. Growth dynamics of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* and *Tabebuia impetiginosa* from Pantanal Mato-grossense, Brazil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 18, n. 4, p. 427-434, out./dez. 2008.

MENEZES, M.; BERGER, U.; WORBES, M. Annual growth rings and long-term growth patterns of mangrove trees from the Bragança peninsula, North Brazil. **Wetlands Ecology and Management**, v. 11, p. 233-242, 2003.

O'DONNELL, A. J.; CULLEN, L. E.; MCCAWE, W. L.; BOER, M. M.; GRIERSON, P. F. Dendroecological potential of *Callitris preissii* for dating historical fires in semi-arid shrublands of southern Western Australia. **Dendrochronologia**, v. 28, p. 37-48, 2010.

OGDEN, J. On the dendrochronological potential of Australian trees. **Australian Journal of Ecology**, v. 3, p. 339-356, 1978.

OHASHI, S., OKADA, N., NOBUCHI, T., SIRIPATANADILOK, S., VEENIN, T. Detecting invisible growth rings of trees in seasonally dry forests in Thailand: isotopic and wood anatomical approach. **Trees Structure and Function**, v. 23, n. 4, p. 813-822 2009.

OSMASTON, F. C. **The management of forests**. Oxford: Commonwealth Forestry Institute; George Allen and Unwin, 1968.

PAOLINI, L.; VILLALBA, R.; GRAU H. R. Precipitation variability and landslide occurrence in a subtropical mountain ecosystem of NW Argentina. **Dendrochronologia**, v. 22, p. 175-180, 2005.

PERGL, J.; PERGLOVA, I.; PYSEK, P.; DIETZ, H. Population age structure and reproductive behavior of the monocarpic perennial *Heracleum mantegazzianum* (Apiaceae) in its native and invaded distribution ranges. **American Journal of Botany**, v. 93, n. 7, p. 1018-1028, 2006.

POUSSART, P. F.; EVANS, M. N.; SCHRAG, D. P. Resolving seasonality in tropical trees: multi-decade, high-resolution oxygen and carbon isotope records from Indonesia and Thailand. **Earth Planet Science Letters**, v. 218, p. 301–316, 2004.

PRIYA, P. B.; BHAT, K. M. False ring formation in teak (*Tectona grandis* L.f.) and the influence of environmental factors. **Forest Ecology and Management**, v. 108, p. 215-222, 1998.

PUMIJUMNONG, N.; WANYAPHET, T. Seasonal cambial activity and tree-ring formation of *Pinus merkusii* and *Pinus kesiya* in Northern Thailand in dependence on climate. **Forest Ecology and Management**, v. 226, p. 279–289, 2006.

ROIG, F. A.; LE-QUESNE, C.; BONINSEGNA, J. A.; BRIFFA, K. R.; LARA, A.; GRUDD, H.; JONES, P. D.; VILLAGRAN, C. Climate variability 50,000 years ago in mid-latitude Chile as reconstructed from tree rings. **Nature**, v. 410, p. 567-570, 2001.

SCHMITZ, N.; VERHEYDEN, A.; KAIRO, J. G.; BEECKMAN, H.; KOEDAM, N. Successive cambia development in *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. is not climatically driven in the seasonal climate at Gazi Bay, Kenya. **Dendrochronologia**, v. 25, p. 87–96, 2007.

SCHONGART, J. Growth-Oriented Logging (GOL): a new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian varzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 1-2, p. 46–58, July 2008.

SCHONGART, J.; ORTHMANN, B.; HENNENBERG, K. J.; POREMBSKI, S.; WORBES, M. Climate–growth relationships of tropical tree species in West Africa and their potential for climate reconstruction. **Global Change Biology**, v. 12, n. 7, p. 1139-1150, 2006.

SCHONGART, J.; PIEDADE, M. T. F.; WITTMANN, F.; JUNK, W. J.; WORBES, M. Wood growth patterns of *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth. (Fabaceae) in Amazonian black-water and white-water floodplain forests. **Oecologia**, v. 145, n. 3, p. 454–461, 2005.

SCHULZE, M., E.; VIDAL, J.; ZWEEDE G. J.; ZARIN, D. Madeiras nobres em perigo. **Ciência Hoje**, v.36, p.66-69, 2005.

SEBBENN, A. M.; DEGEN B. V.; AZEVEDOV C. R.; SILVA; M. B.; LACERDA, A. E. B.; CIAMPI, A. Y.; KANASHIRO, M.; CARNEIRO, F. S.; THOMPSON, I.; LOVELESS, M. D. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 254, n. 2, p. 335-349, 2008.

SENKBEIL, J. C.; RODGERS, J. C.; SHERIDAN, S. C. The sensitivity of tree growth to air mass variability and the Pacific Decadal Oscillation in coastal Alabama. *Int J Biometeorol.* **International Journal of Biometeorology**, v. 51, n. 6, p. 483-491, 2007.

SHAH, S. K.; BHATTACHARYYA, A.; CHAUDHARY, V. Reconstruction of june–september precipitation based on tree-ring data of teak (*Tectona grandis* L.) from Hoshangabad, Madhya Pradesh, India. **Dendrochronologia**, v. 25, p. 57–64, 2007.

SILLA, F.; FRAVERA, S.; LARA, A.; ALLNUTT, T. R.; NEWTON, A. Regeneration and stand dynamics of *Fitzroya cupressoides* (Cupressaceae) forests of southern Chile's Central Depression. **Forest Ecology and Management**, v. 165, p. 213–224, 2002.

SILVA, J. N. M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. 1989. 303 f. PhD Thesis (Doctorate in Forests Sciences) - University of Oxford, Oxford, UK.

SILVA, J. N.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. do C. A.; D. C. A.; ALMEIDA, B. F.; COSTA, D. H. M.; OLIVEIRA, L. C. de; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD., J. P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, v. 71, p. 267-274, 1995.

SILVA, J. N. M.; UHL, C. Atividade madeireira como uma alternativa viável para a utilização sustentada dos recursos florestais na Amazônia brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE, POBREZA E DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA, , 1992. Belém. **Anais...** Belém: Prodepa, 1992. p. 257-261.

SIST, P.; FERREIRA. F. N. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 243, n. 2-3, p. 199-209, May 2007.

SIST, P.; BERTAULT, J. G.; PICARD, N. Why minimum diameter cutting alone cannot fit with RIL objectives. In: ENTERS, T.; DURST, P. B.; APPLGATE, G. B.; KHO. P. C. S.; MAN, G. **Applying reduced impact logging to advance sustainable forest management**. Bangkok: FAO, 2002. p. 65-74.

SPIECKER, H. Tree rings and forest management in Europe. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 191-202, 2002.

STAHLE, D. W.; MUSHOVE, P. T.; CLEAVELAND, M. K.; ROIG, F.; HAYNES, G. A. Management implications of annual growth rings in *Pterocarpus angolensis* from Zimbabwe. **Forest Ecology and Management**, v. 124, p. 217-229, 1999.

STEENKAMPA, C. J.; VOGEL, J. C.; FULS, A.; VAN ROOYEN, N.; VAN ROOYEN, M. W. Age determination of *Acacia erioloba* trees in the Kalahari. **Journal of Arid Environments**, v. 72, p. 302-313, 2008.

THAINES, F.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de; OLIVEIRA, M. V. N. D.; RIBAS, L. A.; THAINES, A. A. R. Occurrence and pressure of logging through forest management in Acre State, Brazil. **The International Forestry Review**, v. 12, n. 5, p. 111, 2010. Edição dos abstracts do 23º IUFRO World Congress.

THERRELL, M. D.; STAHLE, D. W.; MUKELABAI, M. M.; SHUGART, H. H. Age, and radial growth dynamics of *Pterocarpus angolensis* in southern Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 244, p. 24-31, 2007.

TOLUNAY, D. Air pollution effects on annual ring widths of forest trees in mountainous land of Izmir (Turkey). **Water, Air, and Soil Pollution: Focus**, v. 3, n. 5-6, p. 223-250, 2003.

VAN GARDINGEN, P. R.; VALLE D.; THOMPSON. I. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajós National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 231, p.184-195, 2006.

VEJPUSTKOVA, M.; HOLUSA, J. Impact of defoliation caused by the sawfly *Cephalcia lariciphila* (Hymenoptera: Pamphilidae) on radial growth of larch (*Larix decidua* Mill.). **European Journal Forest Research**, v. 125, n. 4, p. 391-396, 2006.

VERHEYDEN, A; KAIRO, J. G.; BEECKMAN, H.; KOEDAM, N. Growth rings, growth ring formation and age determination in the mangrove *Rhizophora mucronata*. **Annals of Botany**, v. 94, p. 59-66, 2004.

WILCZYNSKI, S. The variation of tree-ring widths of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) affected by air pollution. **European Journal Forest Research**, v. 125, n. 3, p. 213–219, 2006.

WILS, T. H. G.; ROBERTSON, I.; ESHETU, Z.; C, SASS-KLAASSEN, U. G. W.; KOPROWSKI, M. Periodicity of growth rings in *Juniperus procera* from Ethiopia inferred from crossdating and radiocarbon dating. **Dendrochronologia**, v. 27, p. 45–58, 2009.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics: a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 217-231, 2002.

YANEZ-ESPINOSA, L.; TERRAZAS, T.; LOPEZ-MATA, L. Integrated analysis of tropical trees growth: A Multivariate Approach. **Annals of Botany**, v. 98, p. 637–645, 2006.

ZIMMER, H.; BAKER, P. Climate and historical stand dynamics in the tropical pine forests of northern Thailand. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 190-198, 2009.

**Embrapa**

---

***Florestas  
Pantanal***

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

CGPE 9455