

Relações entre Fatores Climáticos e Incremento em Diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na Região de Santa Maria, RS

Leif Nutto¹

Luciano Farinha Watzlawick²

RESUMO

No presente trabalho foi estudada a relação entre o incremento em diâmetro anual de *Zanthoxylum rhoifolia* (mamica-de-cadela) e *Zanthoxylum hyemale* (coentrilho) e fatores meteorológicos, utilizando-se duas árvores de cada espécie, na região de Santa Maria, RS. Os períodos de observação foram 1974 até 1996 para mamica-de-cadela e 1977 até 1996 para coentrilho, respectivamente. Para reconstituir o crescimento em diâmetro foi utilizada a técnica de análise de tronco. De cada árvore foram retiradas 3 fatias nas alturas 1,30m, 2,70m e 3,80m, sendo os anéis anuais medidos por meio de 4 raios com um ângulo de 90 graus entre si. As seqüências obtidas destas amostras foram padronizados e sincronizadas para as fatias da árvore e para as árvores da mesma espécie, verificando assim as reações do crescimento a curto prazo. Com os dados meteorológicos de temperatura e precipitação da estação meteorológica de Santa Maria-RS, foram calculados os índices de evapotranspiração e balanço hídrico potencial. A análise de correlação entre o balanço hídrico potencial e o crescimento vegetativo das árvores mostrou resultados estatisticamente significativos em ambas as espécies.

Palavras-chave: dendroecologia, clima e crescimento, balanço hídrico.

¹ Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador no Instituto de Utilização e Tecnologia da Madeira e de Ciência do Trabalho da Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Werderring 6, D-79085 Freiburg, Alemanha.

² Engenheiro Florestal, Mestre, Professor de Manejo e Inventário Florestal Universidade Federal do Paraná, Doutorando em Ciências Florestais pela UFPR.

Relations Between Climatic Factors and Diameter Increment of *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. and *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. at the Region of Santa Maria, RS

ABSTRACT

The relationship between meteorological variables and the diameter increment of *Zanthoxylum rhoifolia* (mamica-de-cadela) and *Zanthoxylum hyemale* (coentrilho) was studied. It was taken data of two trees for each species in Santa Maria - Rio Grande do Sul, Brazil. The observation period included years from 1974 to 1996 for mamica-de-cadela and from 1977 to 1996 for coentrilho. The stem analysis was used to restore the tree's diameter increment. Discs were taken at 1,30m, 2,70m and 3,80m high of each tree. The 4 radii on perpendicular cross sections were measured on each disc. To identify the short-term variation in radial increment, the synchronization and standardization of disc's sequence were performed for each tree. Temperature and precipitation data from Santa Maria Meteorological Station were used to calculate the evapotranspiration and the potential water balance. The correlation analysis between tree's annual increment and potential water balance showed significant statistical results for both species.

Keywords: dendroecology, growth and climate, water balance.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação da técnica da análise de anéis de crescimento é muito útil às ciências naturais e, pode ser feita com o uso da dendroecologia ou dendroclimatologia, que apresentam métodos para avaliar efeitos do meio ambiente, principalmente, de elementos climáticos, relacionados ao crescimento das árvores. O conhecimento das relações entre o clima e o crescimento das árvores pode ajudar no desenvolvimento de métodos silviculturais mais sofisticados, como também estimar os impactos do aquecimento global sobre as florestas.

Uma abordagem freqüentemente aplicada na dendroecologia é o método destrutivo, no qual se retiram fatias das árvores e analisam-se os anéis anuais de crescimento. Depois, segue-se a modelagem dos dados, considerando as relações entre clima e o crescimento.

Ainda é rara a literatura sobre a dendroecologia de espécies crescendo em zonas tropicais e subtropicais. Entre estas, *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. são espécies semidecíduas com anéis anuais visíveis, facilitando análises do incremento radial. Mesmo sendo de pouca importância comercial, estas espécies podem ajudar a superar as dificuldades encontradas nesta área bastante nova nas ciências florestais de países tropicais.

O presente trabalho tem como objetivo:

- descrever a formação de anéis anuais de *Zanthoxylum rhoifolium* e *Zanthoxylum hyemale*;
- detectar variações características no crescimento anual das duas espécies;
- relacionar elementos meteorológicos com o ritmo do incremento radial encontrado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As espécies *Zanthoxylum rhoifolium* (mamica-de-cadela, juva) e *Zanthoxylum hyemale* (coentrilho, tembetari), ambas da família das rutáceas, ocorrem em todo o Brasil, principalmente, como pioneiras longevas em solos bem drenados.

Com relação aos dados fenológicos, Carmo & Morellato (2000) relatam que a mamica-de-cadela floresce de novembro a dezembro e frutifica em dezembro, sendo uma árvore do estrato inferior. Conforme os mesmos autores, o coentrilho floresce em setembro e frutifica em dezembro, sendo encontrado no mesmo estrato da mamica-de-cadela.

Schultz (1990) relata que a mamica-de-cadela é heliófita e seletiva xerófitas até mesófitas, bastante rara no interior da mata primária, na qual, geralmente, é

encontrada em clareiras ou solos pedregosos, onde a vegetação é mais esparsa. Ela torna-se mais freqüente em capoeirões situados em solos enxutos ou íngremes de rápida drenagem, bem como em matas semidevastadas ou beira de estradas dentro da mata.

O coentrilho é uma espécie seletiva higrófita e heliófita. Ela ocorre, principalmente, nos lugares úmidos da mata, orlas e capoeirões, sendo nestes últimos mais comum, tendo então o porte de arvoreta (Reitz, 1973).

A dendrocronologia e a dendroecologia foram desenvolvidas para zonas temperadas da Europa e dos Estados Unidos. Douglass, um astrônomo dos Estados Unidos (Arizona), estabeleceu a dendrocronologia como ciência, reconhecendo o mesmo padrão nos anéis anuais de árvores em distintas regiões. Fritts (1976) e Schweingruber (1983) aperfeiçoaram a técnica da preparação do material e da estatística, bem como o desenvolvimento da técnica de "response functions", entre outros.

A existência de anéis anuais nos trópicos e subtropicais hoje está comprovada (Worbes, 1995). Um pressuposto importante para a ocorrência dos anéis anuais nas zonas tropicais e subtropicais é a reação da madeira a condições variadas das condições climáticas durante um ano. Num período de condições de crescimento desfavorável, as árvores deixam cair as folhas, a maioria reduz a produção de lenho (também as sempre-verdes) devido a uma dormência cambial, resultando na produção de lenho tardio. Quando aumenta a atividade cambial, o lenho primaveril é formado. A alteração entre lenho tardio e lenho primaveril cria o anel. No caso de variações climáticas anuais, forma-se um anel anual. Segundo Worbes (1995), anéis anuais nas madeiras tropicais ocorrem quando existe uma época de seca de pelo menos dois meses (menos de 60 mm de chuva em cada mês).

Já no início do século 20, pesquisadores reportaram variações anuais nos trópicos, por exemplo, na ilha de Java. Segundo Worbes (1990), esses resultados freqüentemente foram mal entendidos, devido à língua de publicação (holandês).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Dados das árvores amostrais

A área de estudo localiza-se no município de São Martinho da Serra - RS, nas coordenadas geográficas 29° 53' 16" S e 53° 51' 16" W, com altitude aproximada de 435 metros (Figura 1). A região pertence ao bioma Floresta Estacional Decidual (IBGE, 1995).

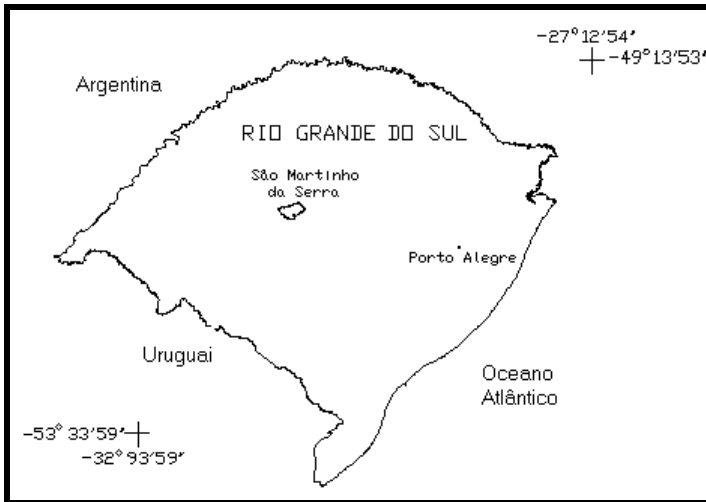


Fig. 1. Localização da área de estudo.

Segundo IBGE (1992), Klein (1984) e Veloso & Goes Filho (1982), a Floresta Estacional Decidual é caracterizada por apresentar duas estações climáticas bem demarcadas, sendo uma chuvosa seguida de um longo período seco. Ela ocorre na forma de disjunções florestais, apresentando o estrato dominante predominantemente caducifólio, com mais de 50% dos indivíduos despídos de folhagem no período desfavorável. Essas disjunções florestais deciduais são dominadas tanto nas áreas tropicais como nas subtropicais pelos mesmos gêneros, de origem afro-amazônicas.

O solo pertence à Unidade de Mapeamento Ciríaco, estando sempre associados aos solos Charrua, formando a Associação Ciríaco-Charrua (Lemos *et al.*,

1973). A unidade de mapeamento possui profundidade de 80 a 120 cm, moderadamente drenada, textura argilosa e desenvolve-se a partir de rochas basálticas. Spinelli & Gontan (1994) relatam que estes solos se desenvolvem em áreas com o relevo forte a montanhoso, com elevações que formam vales em forma de "V" fortemente.

O clima da região é do tipo *Cfa* de Köppen, subtropical temperado chuvoso, com temperatura média anual de 19°C. As temperaturas médias dos meses mais frio e do mais quente são, respectivamente, 14,0°C em julho e 24,8°C em janeiro. A precipitação média anual é de 1769 mm (Moreno, 1961).

A coleta das mostras foi realizada em outubro de 1997. Foram derrubadas 4 árvores de um capoeirão, duas de mamica-de-cadela com DAP em torno de 25 cm e altura total de 7 metros, e duas árvores de coentrilho com DAP médio de 22 cm e altura total de 6,5 m. Do ponto de vista técnico, a utilização de somente duas árvores por espécie é pouco; este número foi devido à dificuldade de licença para o corte. Foram retiradas fatias num corte transversal a 1,30 m, 2,70 m e 3,80 m de altura. Cada fatia retirada foi seca ao ar livre e lixada. Para a medição do incremento anual foram marcados quatro eixos, seguindo as recomendações de Schweingruber (1983). Para melhorar a visibilidade das linhas do crescimento, as fatias foram tratadas superficialmente com óleo vegetal claro antes da medição; assim, consegue-se aumentar o contraste entre as células do lenho primaveril e outonal.

A medição foi realizada com o sistema de análise de anéis anuais LINTAB® junto com o software TSAP® 3.0. O sistema é de alta precisão, medindo a largura dos anéis até 1/100 mm, trabalhando com microscópio com até 80 vezes de ampliação.

3.2. Dados meteorológicos

Os dados climáticos usados são da estação meteorológica de Santa Maria-RS, pertencente ao 8º Distrito Meteorológico do INMET, numa altitude de 150 m, nas coordenadas geográficas 29º 47' S e 53º 52' W. Foram usados dados de temperatura e precipitação média mensal de 1974 até 1996.

3.3. Análise e processamento dos dados

A análise de anéis anuais de espécies folhosas tropicais e subtropicais às vezes se torna muito difícil, devido à ausência de fatores de crescimento limitantes marcantes (Worbes et al., 1989). Para aumentar a probabilidade de identificar o ritmo do crescimento anual, as seqüências das três fatias de cada árvore foram sincronizadas de tal modo que houvesse a maior superposição possível das séries de cada espécie.

Para acentuar as variações ao curto prazo e eliminar tendências indesejáveis ao longo prazo foram calculadas as “primeiras diferenças”, usando-se a fórmula de Deusen (1987):

$$IND = \log(ir) - \log(lagir) \quad (1),$$

sendo:

IND = índice com as tendências eliminadas de Deusen

$\log(ir)$ = logaritmo do crescimento radial na altura de 1,30 m

$\log(lagir)$ = logaritmo do crescimento radial no ano anterior

Este método elimina a influência da idade no crescimento radial, como também coloca os anéis anuais numa escala relativa, transformando-os em séries estandardizadas, facilitando assim a comparação de dados de crescimento e dados meteorológicos.

Para analisar a superposição de duas seqüências é aplicado o teste de superposição de Schweingruber (1983), pela a equação abaixo:

$$G_{(x,y)} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} |G_{ix} + G_{iy}| \quad (2)$$

onde G é a seqüência das árvores x e y e n significam o número de intervalos (anéis anuais) medidos. Se as curvas de duas séries mostram um paralelismo durante muitos anos, existem fatores que influenciam o crescimento em diâmetro da mesma forma. Depois de verificado o seu paralelismo, as curvas de crescimento de cada espécie, foram agrupadas por meio da média aritmética.

As curvas dos dados originais ainda mostram perturbações que dificultam a análise entre o crescimento e os fatores climáticos. Por isso, usam-se dados estandardizados (filtrados), que somente contêm a informação desejada, isto é, a reação “sensível” da árvore a fatores externos.

A reação do crescimento em diâmetro a possíveis fatores ambientais foi calculada através de sensibilidade do quociente da sensibilidade média anual, segundo a equação de Schweingruber (1983):

$$S_{i+1} = \frac{(x_{i+1} - x_i) * 2}{(x_{i+1} + x_i)} \quad (3)$$

onde S é a sensibilidade anual e x_i o valor de observação no tempo “ i ”. O índice mostra a quantidade da modificação entre dois valores de crescimento seguintes em uma série.

Segundo vários autores, a disponibilidade de água é um dos fatores mais importantes que influenciam o crescimento em diâmetro de árvores (Vaganov, 1996; Fritts & Shashkin, 1994; Fritts, 1986; Kramer & Kozlowski, 1979). A quantidade que está disponível para a árvore depende de um sistema complexo de precipitação, temperatura e capacidade de retenção de água no solo. Desses fatores pode ser calculada a evapotranspiração (perda de água no sistema) usando-se a fórmula de Thornthwaite & Mather (1957).

O balanço hídrico potencial (BH) é uma grandeza calculada através da precipitação (P) e do índice de evapotranspiração (IET):

$$BH = P - IET \quad (4)$$

As seqüências do crescimento estandardizadas são comparadas com os dados meteorológicos, com a finalidade de detectar reações características no crescimento em diâmetro das árvores. As relações entre crescimento e clima podem ser avaliadas com a ajuda da análise de correlação entre variáveis meteorológicas e os anéis anuais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Num primeiro passo foram calculadas as curvas médias dos índices de incremento para as duas espécies (Figura 2). Além de mostrar alterações no crescimento anual, também pode-se notar uma superposição de 82% das curvas das duas espécies (equação 1), indicando que ambas reagem aos mesmos fatores influenciáveis (Schweingruber, 1983). Destacam-se os anos 1981, 1985 e 1988 com crescimento significativamente inferior e os anos 1992 e 1994 com crescimento superior. Este efeito revela-se mais forte ainda quando se usa a análise de sensibilidade do incremento anual de Schweingruber (1983). As curvas reagem de modo muito sensível, indicando que existiam fatores externos influenciando o crescimento (Figura 3).

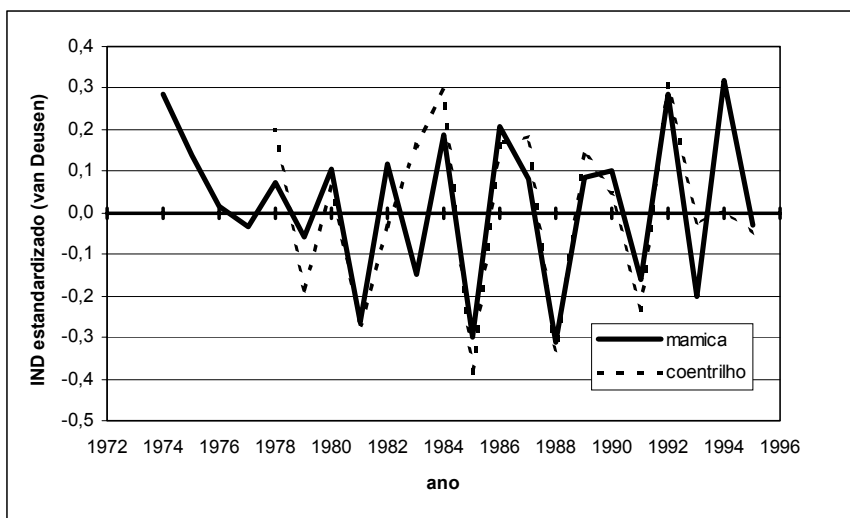


Fig. 2. Curvas do crescimento anual estandardizada (índice de crescimento com as primeiras diferenças, segundo Deusen, 1987) para mamica-de-cadela e coentrilho.

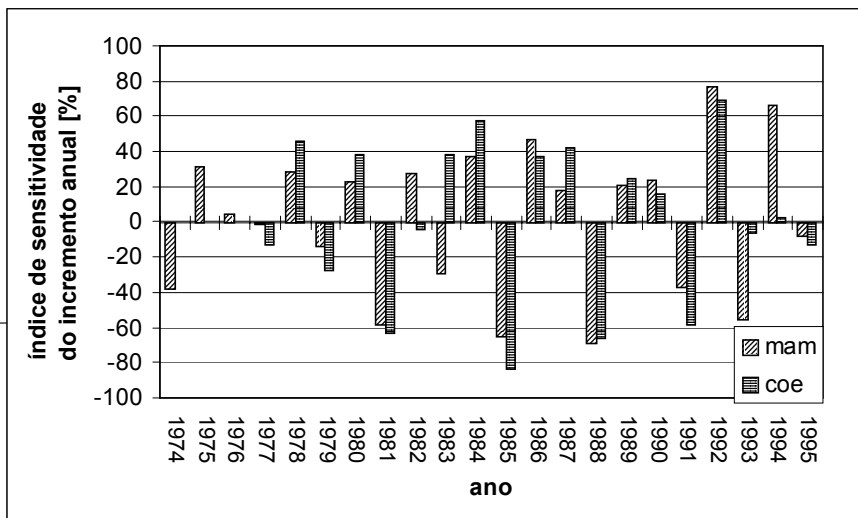


Fig. 3. Índices de sensibilidade do crescimento anual de mamica-de-cadela e coentrilho.

A Fig. 3 mostra que, nos anos 1981, 1985, 1988 e 1991, pelo menos uma das espécies mostra um crescimento 50% inferior ao ano anterior, enquanto nos anos 1984, 1992 e 1994 houve crescimentos superiores. No período observado de 1977 até 1995, somente nos anos 1982 e 1983 observa-se uma reação de crescimento oposto, confirmando outra vez a alta superposição das curvas (Fig. 2).

Os dados climáticos também mostram grandes variações no período observado (Fig. 4). Os dados originais da temperatura e da precipitação tiveram fortes oscilações, provavelmente influenciando o crescimento das árvores. Mas somente a combinação destes dois fatores meteorológicos permite detectar os anos caraterísticos.

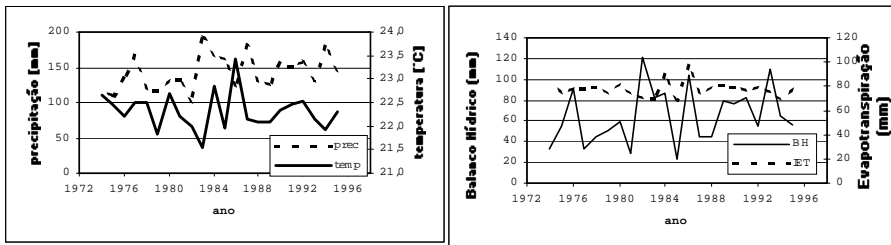


Fig. 4. Média mensal aritmética do período de vegetação (outubro até abril) dos dados originais da temperatura e precipitação (esquerda) e do balanço hídrico (BH) e índice de evapotranspiração (IET)(direita).

Na análise de correlação, somente o balanço hídrico deu resultado significativo; as outras variáveis como temperatura, precipitação e índice de evapotranspiração não explicam a variação encontrada no incremento radial.

Os resultados da análise de correlação do balanço hídrico e dos índices da primeira diferença dos incrementos anuais estandardizados são apresentados na Fig. 5. Foi analisada a relação entre o balanço hídrico de todos os anos no período de crescimento vegetativo (bh_t) como também somente dos anos com um valor do mesmo 30% abaixo (bh_70) e 30% acima (bh_130) do balanço hídrico médio do período de observação.

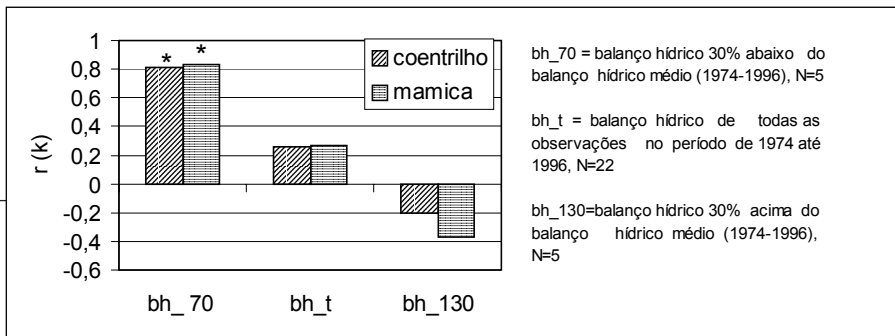


Fig. 5. Análise de correlação de Pearson do balanço hídrico com os índices de crescimento estandardizados. As correlações marcadas com (*) são estatisticamente significativas a um nível de 95%.

Constata-se a ocorrência de um padrão coerente das correlações, sendo que os índices da primeira diferença do crescimento (equação 1) mostraram uma correlação negativa em anos com bom abastecimento de água e uma correlação positiva com aqueles com um déficit hídrico (as correlações são ao contrário por causa do método de standardização). Mesmo assim, não existe correlação significativa entre o balanço hídrico potencial e o incremento para ambas as espécies, usando todas as observações (bh_t) ou somente anos com valores 30% acima da média ao longo prazo (bh_130). Ao contrário, para anos com um balanço hídrico potencial extremamente baixo (30% abaixo da média), uma reação importante do incremento pode ser observada, sendo estatisticamente significativa. Isto indica que, para anos com crescimento em diâmetro baixo, existem anéis característicos, com o incremento influenciado por fatores meteorológicos.

Em suma, mamica-de-cadela e coentrilho, crescendo sob as circunstâncias descritas, são espécies apropriadas para estudos dendrocronológicos e dendroecológicos e podem ser usadas para detectar anos de balanço hídrico potenciais baixos. Estudos semelhantes feitos por Spathelf & Scheeren (1999), analisando a relação entre incremento e elementos meteorológicos com a conífera *Araucaria angustifolia* na região de Canela-RS, não apresentaram resultado significativo.

Em estudo como este, um problema é especialmente a influência de outros fatores não analisados, como competição, florescimento e frutificação, as quais podem causar variações no incremento anual. Para eliminar estes fatores, seriam necessárias observações fenológicas e estudos de dinâmica ao longo do tempo nas árvores, antes da análise dendroecológica.

Para confirmar os resultados do presente trabalho devem ser realizadas outras pesquisas com maior número de amostras. O presente estudo somente pode dar uma idéia sobre o potencial das espécies para análises na área da dendroecologia.

5. CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que:

- os anéis da madeira das espécies *Zanthoxylum rhoifolium* e *Zanthoxylum hyemale* permitem análise dendroecológica;
- as duas espécies mostram variações do crescimento em diâmetro anual altamente coerente entre si;
- as espécies reagem sensivelmente a fatores exteriores (climáticos);
- foi encontrada uma correlação significativa entre anos com balanço hídrico potencialmente baixo e incrementos radiais baixos; e
- não foram encontradas relações entre anos com incremento médio ou alto com o índice de balanço hídrico potencial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARMO, M. R. B. do; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da Bacia do Rio Tibagi, Estado do Paraná, Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de. F. (Org.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo: FAPESP, 2000. 320 p.

COWAN, R. S.; SMITH, L. B. **Rutáceas**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1973, 89 p. (Flora Ilustrada Catarinense).

DEUSEN, P. C. van. Testing for stand dynamic effects on red spruce growth trends. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 17, n. 12, p. 1487-1495, 1987.

FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976. 567 p.

FRITTS, H. C.; SHASHKIN, A. V. Modeling tree-ring structures related to temperature, precipitation and day length. In: LEWIS, T. E. (Ed.). **Dendrochronology and dendrochemistry in forest health monitoring**. Cleaveland: CRC Press, 1994. p. 17-57.

IBGE. Diretoria de Geociências. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92 p. (IBGE. Serie Manuais Tecnicos em Geociencias, 1).

IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 1995, Escala 1:20.000.000.

KLEIN, R. M. Síntese ecológica da floresta Estacional da Bacia do Jacuí e importância do reflorestamento com essências nativas (RS). In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5., 1984, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal, 1984. v. 2, p 265-278.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of woody plants**. San Diego: Academic Press. 1979. 811 p.

LEMONS, R. C.; AZOLIN, M. A. D.; ADRAÃO, P. V. R.; SANTOS, N. C. L. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura, Departamento de Pesquisas Agropecuárias, Divisão de Pesquisas Pedológicas, 1973, 431 p. (Boletim Técnico, 30).

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, RS. 1961. 41 p.

SCHULTZ, A. **Introdução à botânica sistemática**. Porto Alegre: Ed. da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990. 414 p.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Der Jahrring**. Bern: Verlag Paul Haupt, 1983. 234 p.

SPATHELF, P.; SCHEEREN, L. W. Relações entre a variação no incremento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* e os elementos meteorológicos na região de Canela, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 227-233, 1999.

SPINELLI, J.; GONTAN, J. E. N. **Condicionantes à ocupação na carta de Camobi – SO folha SH-22-V-C-IV-2 em escala 1:25.000**. Santa Maria: UFSM, 1994. 87 p. Trabalho de Graduação em Geografia.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. **Publications Climatology**, v. 10, n. 3, p. 183-311, 1957.

VAGANOV, E. A. Analysis of seasonal tree-ring formation and modeling in dendrochronology. In: DEAN, J. S.; MEKO, D. M.; SWETNAM, T. W. **Tree rings, environment and humanity**. Tuscon: Radiocarbon, 1996. p. 73-87.

VELOSO, H. P.; GOES FILHO, L. **Fitogeografia brasileira**: classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical. Salvador: Ministério das Minas e Energia, Divisão de Vegetação, Projeto RADAMBRASIL, 1982. 85 p. (Projeto RADAMBRASIL, Serie Vegetação, 1).

WORBES, M.; BAAS, P.; VETTER, R. E. Growth rings in tropical trees. **IAWA-Bulletin**, v. 10, n. 2, p. 109-122, 1989.

WORBES, M. Site and sample selection in tropical forests. In: COOK, E. R.; KAIRIUKSTIS, L. A. (Ed.). **Methods of dendrochronology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1990. p. 35-40.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. **IAWA Journal**, n. 16, p. 337-351, 1995.