

Periodicidade do crescimento de espécies arbóreas  
da Floresta Estacional Semidecidual no Sul do BrasilGrowth periodicity of trees species from a seasonal  
semi-deciduous forest in Southern BrazilMarcela Blagitz<sup>1</sup>, Paulo Cesar Botosso<sup>2</sup>,  
Edmilson Bianchini<sup>3</sup> e Moacyr Eurípedes Medri<sup>4</sup>**Resumo**

Embora a sazonalidade climática seja menos evidente nas regiões tropicais que nas temperadas, muitas espécies tropicais apresentam crescimento rítmico. A avaliação do crescimento em circunferência do tronco (CCT) permitirá obter informações sobre o desenvolvimento dos indivíduos de espécies arbóreas desta região. Esse estudo teve como objetivo avaliar o CCT de 11 espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil, visando testar duas hipóteses: (i) existe sazonalidade no CCT das árvores e este crescimento está relacionado às variações climáticas da região de estudo; (ii) as características dos indivíduos (posição sociológica, altura da árvore, grau de ocupação por lianas, decíduidade e diâmetro à altura do peito) influenciam no incremento acumulado em circunferência. Para detectar a periodicidade do CCT foram implantadas faixas dendrométricas permanentes no tronco (altura do DAP) de 156 indivíduos. O acompanhamento do crescimento foi realizado mensalmente por um período de 18 meses. Foram feitas correlações do CCT mensal com a precipitação, temperatura e fotoperíodo para verificar a influência dos fatores ambientais e análise de covariância para averiguar se as características dos indivíduos também interferiram no incremento acumulado em circunferência do tronco. As espécies apresentaram um padrão sazonal de CCT, com as maiores taxas de crescimento de outubro a dezembro, sendo que os parâmetros ambientais avaliados atuaram em conjunto - principalmente o fotoperíodo e a temperatura - promovendo essa sazonalidade e confirmando a primeira hipótese. Considerando as características dos indivíduos, somente o diâmetro do tronco correlacionou-se negativamente com o incremento acumulado em circunferência ( $b = -0,32$ ;  $p = 0,02$ ), aceitando parcialmente a segunda hipótese.

**Palavras-chave:** decíduidade, floresta tropical, grupos sucessionais, Mata Atlântica, sazonalidade.

**Abstract**

Although seasonality is less evident in the tropics than in temperate ones, many tropical species present rhythmic growth. The stem circumference growth (SCG) evaluation will provide information on the development of tree species in this region. This study aimed to evaluate the SCG of 11 tree species of a tropical semi-deciduous forest in Southern Brazil. Two hypotheses were advanced: (i) seasonality of the trees SCG exist and it is related to climatic variations of the study area; (ii) individual characteristics (tree height, degree of occupancy by lianas, sociological position, deciduousness and diameter at breast height) influence the circumference cumulative growth. To detect the SCG periodicity, permanent dendrometric bands were fixed around the stem (*diameter at breast height*, or *DBH*) of 156 individuals. Growth was monitored monthly for a period of 18 months. Correlations of monthly SCG with precipitation, temperature and photoperiod were made to verify the environmental parameters' influence and a covariance analysis was performed to enquire if individual characteristics also affected cumulative increase in circumference. The species showed a seasonal pattern of SCG with higher growth rates from October to December and environmental parameters operate jointly – especially photoperiod and the temperature - to promote growth seasonality, confirming the first hypothesis. Considering the individuals characteristics, only the trunk diameter was negatively correlated with increasing cumulative circumference ( $b = -0.32$ ;  $p = 0.02$ ), partially accepting the second hypothesis.

**Keywords:** Atlantic Rain Forest, deciduousness, seasonality, successional groups, tropical forest.

<sup>1</sup>Doutoranda em Ciências Biológicas (Botânica). UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho / Faculdade de Ciências Agrônomicas. Rua Doutor José Barbosa de Barros - Jardim Paraíso - 18610307 - Botucatu, SP, Brasil. E-mail: [mablagitz@gmail.com](mailto:mablagitz@gmail.com)

<sup>2</sup>Pesquisador Doutor. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira, km 111, Jd. Cristina - 83411000 - Colombo, PR, Brasil. E-mail: [paulo.botosso@embrapa.br](mailto:paulo.botosso@embrapa.br)

<sup>3</sup>Professor Associado. UEL - Universidade Estadual de Londrina / Departamento de Biologia Animal e Vegetal. Rodovia Celso Garcia Cid, km 380 - 86.057-970- Londrina, PR, Brasil. E-mail: [bianchi@uel.br](mailto:bianchi@uel.br)

<sup>4</sup>Doutor em Ciências Biológicas. UEL - Universidade Estadual de Londrina / Departamento de Biologia Animal e Vegetal. Rodovia Celso Garcia Cid, km 380 - 86.057-970- Londrina, PR, Brasil. E-mail: [moacyremedri@gmail.com](mailto:moacyremedri@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

A avaliação do crescimento em circunferência do tronco (CCT) gera informações acerca da dinâmica de crescimento e desenvolvimento de espécies arbóreas. Por exemplo, Clark e Clark (1994) encontraram padrões semelhantes de crescimento entre estádios de desenvolvimento para diferentes espécies arbóreas de uma floresta tropical. Já Worbes et al. (2003), analisando os anéis de crescimento do tronco, descreveram diferentes padrões de crescimento para diferentes espécies: espécies com curva de crescimento sigmoideal (crescimento constante na fase juvenil, com aumento da taxa de crescimento na maturidade e redução na fase final do ciclo de vida); espécies com curva exponencial de crescimento por toda a vida; e as que não apresentavam padrões identificáveis. Mais recentemente, análises do crescimento das árvores vêm sendo empregadas para compreensão das respostas das espécies diante das mudanças climáticas, ocasionadas por ações antrópicas ou naturais, na tentativa de prever alterações na estrutura florestal decorrentes dessas novas condições (CLARK et al., 2010; WAGNER et al., 2012). Assim, a avaliação do CCT do tronco das árvores pode ser uma forma de caracterizar a autoecologia das espécies e o funcionamento de florestas, contribuindo para o manejo adequado e o sucesso de reflorestamentos em cenários futuros (KREPKOWSKI et al., 2011). Adicionalmente, a avaliação da dinâmica de crescimento pode, também, determinar os ciclos de formação da madeira (CLARK et al., 2010; KREPKOWSKI et al., 2011) e, indiretamente, fornecer inferências sobre a atividade cambial e a formação dos anéis de crescimento das árvores, de forma a contribuir para estudos dendrocronológicos e dendroecológicos (TOMAZELLO FILHO et al., 2001; WIMMER, 2001; LISI et al., 2008).

O CCT está diretamente envolvido com as condições climáticas do ambiente em que as plantas estão inseridas. Em espécies tropicais, o crescimento das árvores depende da disponibilidade de água, ocorrendo, em geral, a redução do crescimento durante a estação seca (WORBES, 1999; LISI et al., 2008; CALLADO et al., 2013) ou durante o período chuvoso, já que o excesso de água no solo pode levar a raiz a um estado de hipóxia, reduzindo sua atividade e, conseqüentemente, causando um déficit de água no tronco (SCHÖNGART et al., 2002). Em remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual do Estado de São Paulo foi constatado que o CCT de 24 espécies arbóreas foi menor durante a estação seca e reativado após as primeiras chuvas significativas no início da estação chuvosa (LISI et al., 2008). Entretanto, Callado et al. (2001) destacaram que a atividade cambial e o conseqüente crescimento lateral também podem ser influenciados pela variação do fotoperíodo.

O CCT das árvores também pode ser influenciado pelas condições microclimáticas, como por exemplo, características do solo, luz incidente na copa, temperatura e umidade relativa local (YÁÑEZ-ESPINOSA et al., 2006). Outra condição microclimática que pode influenciar a dinâmica de crescimento das árvores refere-se a sua posição na estrutura vertical da floresta. Árvores que ocupam o sub-bosque de florestas e são tolerantes à sombra tendem a crescer a taxas menores, quando comparadas àquelas que atingem maiores alturas na estrutura vertical da floresta. Essa variação ocorre devido à disponibilidade de luz ou mesmo a fatores intrínsecos das espécies (BAKER et al., 2003). O grau de ocupação e/ou infestação da copa das árvores por lianas podem também reduzir o crescimento em diâmetro do tronco (PUTZ, 1984; BOTOSSO et al., 2005; VAN DER HEIJDEN; PHILIPS, 2009) por competir diretamente com as árvores pela luz incidente (PUTZ, 1984).

Considerando a importância do tema e a escassez de estudos que avaliem o CCT de espécies arbóreas da Floresta Estacional do Sul do Brasil, associado à importância do conhecimento acerca do funcionamento dessa formação florestal, o qual é imprescindível para propor medidas de conservação, considerando aqui a paisagem fragmentada da região, o presente estudo tem como objetivo avaliar o CCT de 11 espécies arbóreas representativas deste tipo de formação no Sul do Brasil. Para tal, serão testadas as seguintes hipóteses: (i) existe sazonalidade no CCT das árvores e este crescimento está relacionado às variações climáticas da região de estudo; (ii) as características dos indivíduos (e.g.: posição sociológica, altura da árvore, grau de ocupação por lianas, deciduidade e diâmetro à altura do peito) influenciam no incremento acumulado em circunferência do tronco.

O diferencial deste estudo reside, também, no fato de o remanescente florestal em estudo estar localizado em uma zona de transição climática. O norte da região Sul do Brasil, onde está localizado este fragmento é cortado pelo Trópico de Capricórnio, assim, ocorre o encontro dos climas tropical e subtropical, conferindo-lhe um caráter transicional no nível zonal; bem como a transição

no nível regional, pois é uma faixa de conflito entre os sistemas climáticos tropical e extratropical, que apresentam mecanismos de circulação distintos (NUNES et al., 2009). Nesta região, a precipitação, o fotoperíodo e a temperatura apresentam variações notáveis ao longo do ano (ver Material e Métodos). A análise da ação desses fatores sobre o CCT pode contribuir para o entendimento e a conservação das espécies e, conseqüentemente, destes remanescentes florestais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área do estudo

O estudo foi conduzido no Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) (23°27'10"S, 51°15'11"W), município de Londrina, Estado do Paraná, Sul do Brasil, o qual é cortado pelo Trópico de Capricórnio (23° 27'S). Sua altitude varia de 500 a 600 m acima do nível do mar e a vegetação típica é a Floresta Estacional Semidecidual (BIANCHINI et al., 2003). O clima da região é do tipo Cfa caracterizado como tropical úmido mesotérmico (KÖPPEN, 1948). A precipitação anual total da região é de 1.602 mm e a temperatura média anual é de 21 °C. Os maiores volumes pluviométricos ocorrem de dezembro a fevereiro, com média mensal em torno de 200 mm, sendo também os meses mais quentes, com média térmica mensal de 23,9°C. Os meses mais secos são julho e agosto, quando o total de precipitação fica, em média, abaixo de 70 mm mensais e o mês mais frio é junho com média de 16,9°C (Figura 1A). Observa-se a distinção entre uma estação quente e úmida de outubro a março, e outra estação mais fria e seca, de abril a setembro (Figura 1A). O fotoperíodo mensal varia de 10,5 h em junho a 13,5 h no mês de dezembro.

Durante o período de avaliação do CCT (agosto de 2011 a janeiro de 2013), junho e agosto de 2012 foram os meses com maior (344,2 mm) e menor (1 mm) volumes pluviométricos, respectivamente (Figura 1B). Dezembro e julho de 2012 foram, respectivamente, os meses mais quente (26,2°C) e frio (17,6°C) neste período de estudo.

Todos os dados pluviométricos e térmicos foram fornecidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), cuja estação meteorológica está localizada a 15 km do PEMG.

### Espécies selecionadas

Para a seleção das espécies foram considerados três critérios: (i) representatividade no tipo vegetacional baseada nos maiores índices de valor de importância (IVI) de acordo com levantamento fitossociológico (SOARES-SILVA, 1990); (ii) espécies monitoradas em estudos fenológicos no fragmento florestal (BIANCHINI et al., 2006; PERINA, 2011); (iii) diferentes *status* sucessionais (pioneira, secundária inicial, secundária tardia e clímax), segundo Silva e Soares-Silva (2000). Desta forma, as espécies que se enquadrassem simultaneamente nesses critérios foram selecionadas, totalizando 11 espécies arbóreas (Tabela 1).

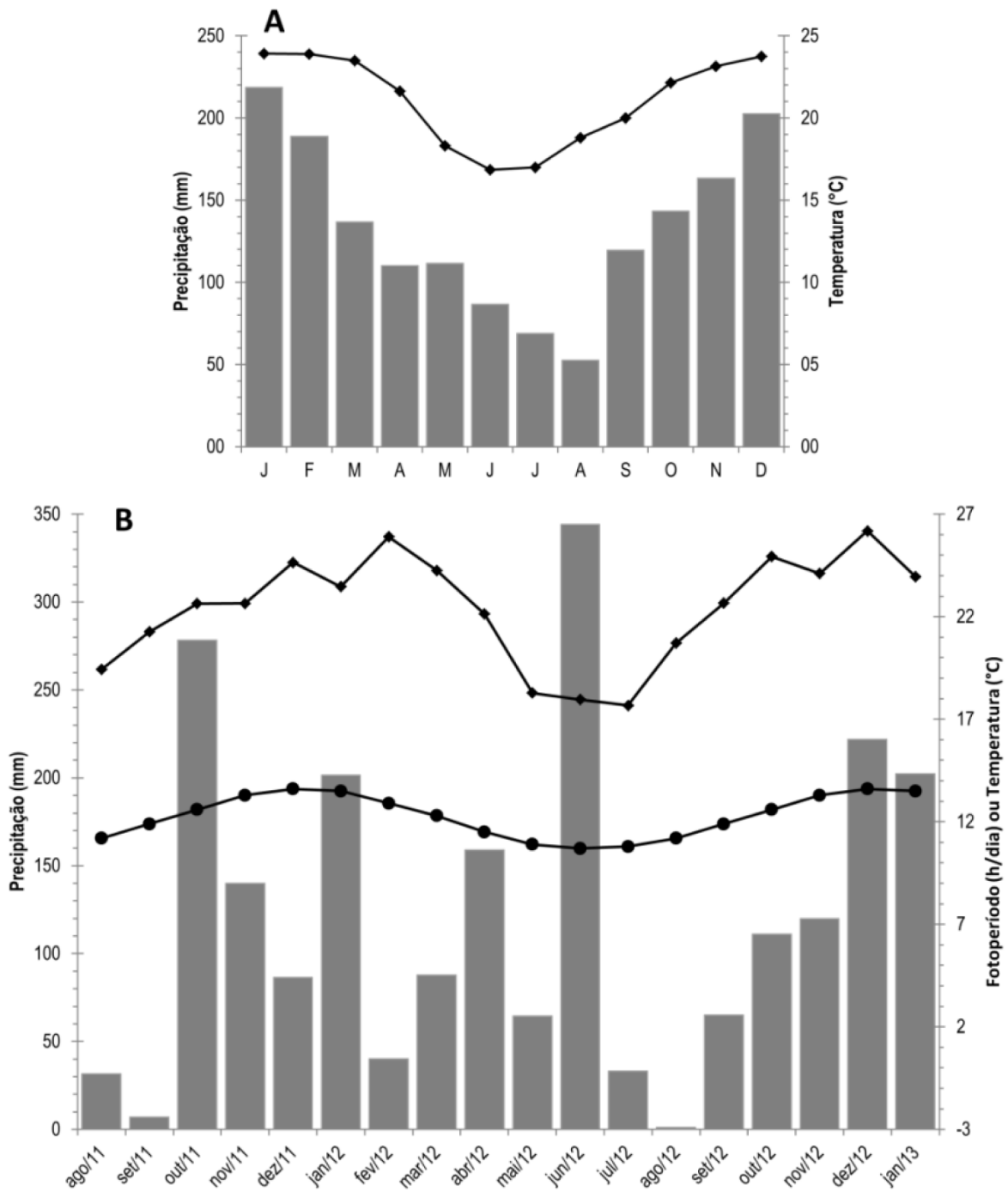
**Tabela 1.** Espécies, características ecológicas, número de indivíduos (N), diâmetro médio à altura do peito (DAP) e altura média dos indivíduos de uma floresta estacional semidecidual, Paraná, Brasil. De = decíduidade (D= decíduas, P= perenifólias, SD= semidecíduas). GS= grupos sucessionais (C= clímax. P= pioneira, SI= secundária inicial, ST= secundária tardia). Desvio padrão entre parênteses.

**Table 1.** Species, ecological characteristics, number of individuals (N), mean diameter at breast height (DBH) and mean height of individuals of a seasonal semi-deciduous forest, Paraná, Brazil. De = deciduousness (D = deciduous, P = evergreen, SD = semi-deciduous). GS = successional groups (C = climax, P = pioneer, SI = initial secondary, ST = late secondary). Standard deviation in parentheses.

Espécies	Família	De*	GS**	N	DAP (cm)	Altura (m)
<i>Alchornea glandulosa</i> Poit. & Baill.	Euphorbiaceae	SD	SI	17	36,12 (±12,40)	11,85 (±2,95)
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	SD	SI	10	34,2 (±11,4)	10,5 (±2,9)
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll. Arg.	Apocynaceae	SD	ST	15	32,22 (±11,84)	14,87 (±2,78)
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	P	SI	15	27,26 (±7)	12 (±2,61)
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	D	ST	14	22,36 (±9,44)	10,22 (±2,31)
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	Sapotaceae	SD ***	ST	15	27,90 (±9,17)	10,86 (±1,90)
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Euphorbiaceae	SD	SI	14	30 (±10,34)	12,96 (±3,19)
<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	SD	P	15	19,17 (±5,96)	15,78 (±2,88)
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Rosaceae	P	SI	11	24,70 (±9,49)	13,86 (±6,29)
<i>Trichilia casaretti</i> C. DC.	Meliaceae	P	C	15	14,35 (±3,32)	8,98 (±2,09)
<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	Meliaceae	P	C	15	13,21 (±1,51)	9,53 (±1,96)

\* Extraído de Perina (2011). \*\* Classificação adotada por Silva e Soares-Silva (2000). \*\*\* Bianchini et al. (2006)

\* Extracted from Perina (2011). \*\* Classification adopted by Silva and Soares-Silva (2000). \*\*\* Bianchini et al. (2006)



**Figura 1.** Dados climáticos para a região de Londrina, Paraná, Brasil, registrados pela estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). A. Distribuição anual das médias mensais de precipitação (barras) e temperatura (-♦-) calculadas com base no registro histórico de janeiro de 1976 a dezembro de 2011. B. Médias mensais de precipitação (barras), temperatura média (-♦-) e fotoperíodo (-▪-) no período de agosto de 2011 a janeiro de 2013.

**Figure 1.** Climatic data for the region of Londrina, Paraná, Brazil, recorded by the meteorological station of the Agronomic Institute of Paraná (IAPAR). A. Annual distribution of monthly mean precipitation (bars) and temperature (-♦-) calculated based on the historical record from January 1976 to December 2011. B. Monthly mean precipitation (bars), mean temperature (-♦-) and photoperiod (-▪-) from August 2011 to January 2013.

**Ritmo de crescimento em circunferência do tronco**

Para avaliar crescimento em circunferência do tronco das árvores foi utilizado o método considerado “dinâmico” (FAHN et al., 1981, BOTOSSO et al., 2000, LISI et al., 2008) que consiste na implantação de faixas dendrométricas permanentes no tronco das árvores, a aproximadamente 1,30 m do solo. Cada faixa dendrométrica consiste em fitas de aço inoxidável que possuem escala graduada com precisão de 0,2 mm (BOTOSSO; TOMAZELLO FILHO, 2001). O número de indivíduos por espécie (mínimo de 10 - Tabela 1) variou em função da abundância da espécie no remanescente

e de sua ocorrência nas proximidades das trilhas. As leituras de CCT foram realizadas a cada 30 dias por 18 meses (de agosto de 2011 a janeiro de 2013). Foram feitas correlações de Spearman ( $\alpha=0,05$ ), devido à ausência da normalidade dos dados climáticos e de crescimento, para verificar a relação entre o incremento médio mensal em circunferência do tronco das árvores com os dados de precipitação, temperatura e fotoperíodo (calculado de acordo com FORSYTHE et al., 1995). Essas análises foram realizadas no software R, versão 3.0.1.

### Condições de crescimento e incremento acumulado

De acordo com a posição sociológica (FERREIRA-FEDELE et al., 2004), os 156 indivíduos selecionados foram classificados em dominantes (50% ou mais da copa exposta ao sol); codominantes (menos de 50% da copa exposta ao sol); e dominados (estrato inferior, sem incidência de luz solar direta). A incidência de lianas foi classificada em: alta presença de lianas (75% ou mais da copa coberta por lianas - copa não distinguível); média presença de lianas (de 50% até 75% da copa coberta por lianas; copa parcialmente distinguível); poucas lianas (de 25% a 50% da copa com lianas; copa totalmente distinguível); ausência de lianas, com base em Fonseca (1998).

Os parâmetros anteriores, juntamente com os dados de diâmetro à altura do peito (DAP), altura do indivíduo e a deciduidade da espécie, segundo Bianchini et al. (2006) e Perina (2011), foram submetidos a uma análise de covariância (ANCOVA) ( $\alpha=0,05$ ), no software R, versão 3.0.1., para verificar a influência dessas covariáveis no incremento acumulado em circunferência do tronco.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Periodicidade e ritmo de crescimento

Os maiores incrementos em circunferência do tronco foram constatados em espécies de início de sucessão (*Prunus myrtifolia*, *Croton floribundus*, *Cabralea canjerana* e *Alchornea* spp.), enquanto que *Trichilia casaretti* e *Trichilia claussenii*, espécies de subosque e clímaxes, apresentaram as menores taxas (Tabela 2). Essas são informações consolidadas na literatura e dentre as várias características ecológicas, espécies pioneiras geralmente apresentam altas taxas de crescimento e necessitam de alta demanda de luz, enquanto que as espécies clímaxes e tolerantes à sombra são caracterizadas por baixas taxas de crescimento (SWAINE; WHITMORE, 1988; BAKER et al., 2003; WORBES et al., 2003). Segundo Baker et al. (2003), essas características explicam a dinâmica da sucessão, já que esse crescimento diferenciado é um fator importante na distinção de grupos ecológicos. A disponibilidade de luz é um forte determinante no desenvolvimento, crescimento e sobrevivência dessas plantas dentro de uma floresta (BAZZAZ; PICKETT, 1980), inclusive em florestas estacionais (BAKER et al., 2003), portanto está diretamente envolvida nessa divisão de grupos.

**Tabela 2.** Incremento em circunferência do tronco de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual, Paraná, Brasil. Dados coletados de agosto de 2011 a janeiro de 2013. GS= grupos sucessionais (C= clímax, P= pioneira, SI= secundária inicial, ST= secundária tardia). IMC = Incremento médio mensal em circunferência; IAC = Incremento acumulado em circunferência. Desvio padrão entre parênteses.

**Table 2.** Increase in trunk circumference of tree species of a seasonal semi-deciduous forest, Paraná, Brazil. Data collected from August 2011 to January 2013. GS = successional groups (C = climax, P = pioneer, SI = initial secondary, ST = late secondary). IMC = Mean monthly increase in circumference; IAC = Increment accumulated in circumference. Standard deviation in parentheses.

Espécies	GS*	IMC (mm)	IAC (mm)
<i>Alchornea glandulosa</i>	SI	1,63 (± 0,8)	26,8 (± 21,39)
<i>Alchornea triplinervia</i>	SI	1,54 (± 0,7)	22,28 (± 12,8)
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	ST	1,12 (± 0,6)	19,27 (± 10,2)
<i>Cabralea canjerana</i>	SI	1,64 (± 0,7)	29,17 (± 12,8)
<i>Cedrela fissilis</i>	ST	1,38 (± 0,7)	23,8 (± 12,1)
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	ST	1,05 (± 0,8)	18,73 (± 15,5)
<i>Croton floribundus</i>	SI	1,69 (± 1,2)	28,39 (± 20,4)
<i>Inga edulis</i>	P	0,80 (± 1,1)	16,08 (± 15,6)
<i>Prunus myrtifolia</i>	SI	2,37 (± 1,09)	37,99 (± 16,9)
<i>Trichilia casaretti</i>	C	0,47 (± 0,28)	8,36 (± 5,1)
<i>Trichilia claussenii</i>	C	0,34 (± 0,2)	5,68 (± 0, 3,6)

\* Classificação adotada por Silva e Soares-Silva (2000).

\* Classification adopted by Silva and Soares-Silva (2000).

Embora as espécies pertençam a diferentes grupos sucessionais, a análise das taxas de incremento observadas no período de avaliação demonstraram, como era esperado, um padrão sazonal de CCT destas espécies. Os maiores valores foram registrados de outubro a dezembro, durante a estação chuvosa e as menores taxas, em geral, ocorreram entre abril e agosto/setembro, durante a estação seca (Figura 2). Worbes (1999) afirmou que a variação da atividade cambial de espécies arbóreas em florestas que apresentam curto período de estiagem está intimamente relacionada a fatores associados à sazonalidade da precipitação pluviométrica. De acordo com o autor, com o decréscimo da precipitação durante a estação seca, o potencial de água no solo cai, induzindo um período de dormência cambial, abscisão das folhas e diminuição do crescimento das plantas. Lisi et al. (2008) concluíram que a disponibilidade de água é o fator primário que determina as taxas de crescimento em espécies arbóreas na floresta estacional semidecidual no Estado de São Paulo.

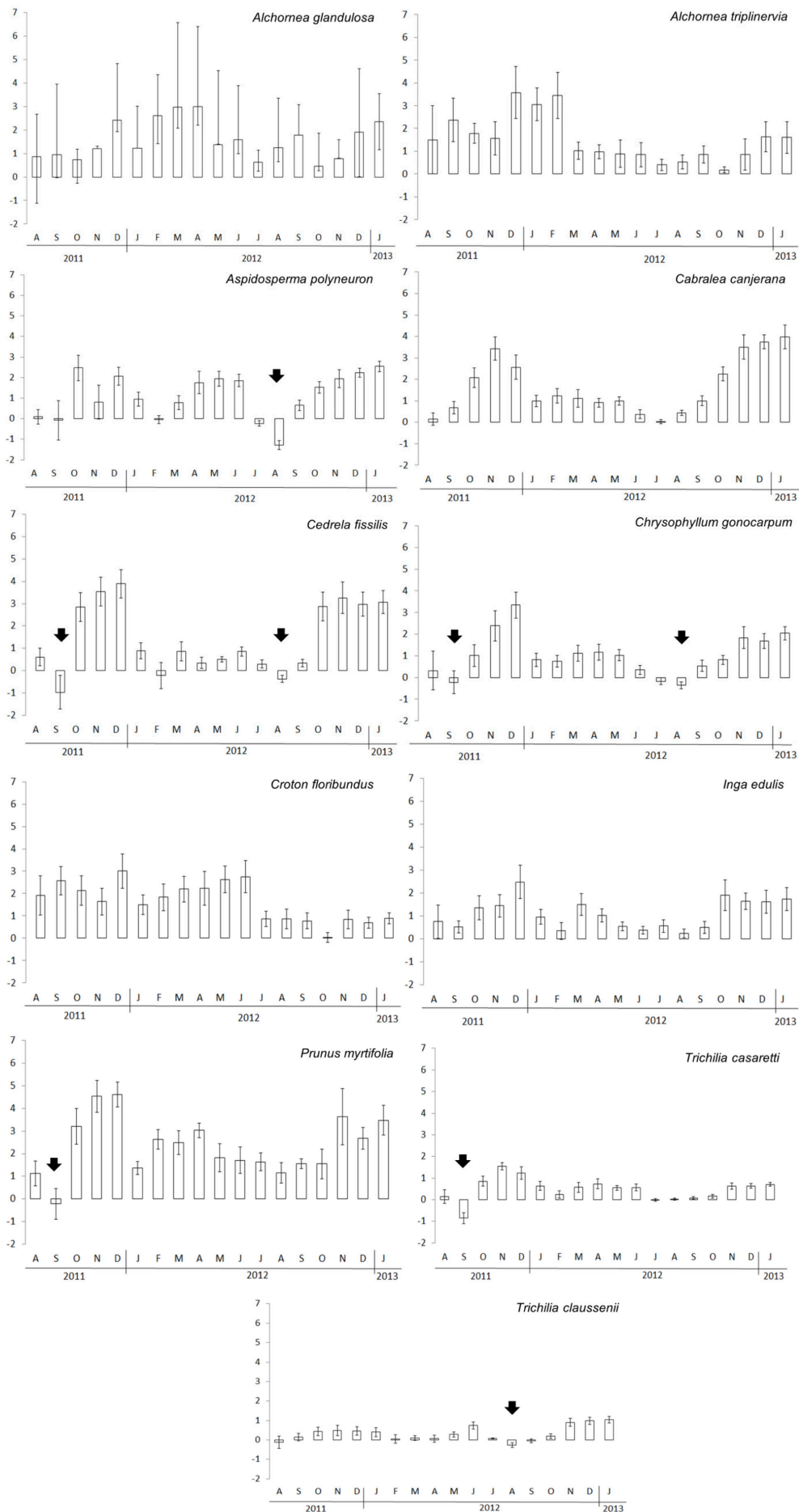
Porém, as taxas de incremento mensal em circunferência do tronco, obtidas para a maioria das espécies desse estudo, foram também positivamente correlacionadas ( $p \leq 0,05$ ) com a temperatura e/ou o fotoperíodo (Tabela 3). *Cabralea canjerana* apresentou correlações positivas significativas entre as taxas de incremento e os três parâmetros avaliados. O incremento mensal em circunferência do tronco de *Inga edulis* correlacionou-se positivamente com a temperatura e com o fotoperíodo, enquanto que em *Cedrela fissilis*, *Prunus myrtifolia* e *Trichilia* spp. as correlações foram positivas com a precipitação e com o fotoperíodo. As taxas de incremento mensais foram positivamente correlacionadas com o fotoperíodo em *Alchornea triplinervia* e *Chrysophyllum gonocarpum* e com a precipitação em *Aspidosperma polyneuron*. *Alchornea glandulosa* e *Croton floribundus* não se correlacionaram com os fatores climáticos considerados.

**Tabela 3.** Correlações de Spearman ( $r_s$ ) entre variáveis ambientais e taxas de incremento mensal em circunferência do tronco de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual, Paraná, Brasil. (\*) indicam correlação significativa ( $p \leq 0,05$ ). Foto = fotoperíodo médio mensal; P = precipitação total do mês corrente; T = temperatura média mensal.

**Table 3.** Spearman correlations ( $r_s$ ) between environmental variables and monthly mean increase rates in circumference of the trunk of tree species of a seasonal semi-deciduous forest, Paraná, Brazil. (\*) indicate a significant correlation ( $p \leq 0.05$ ). Foto = mean monthly photoperiod; P = total precipitation of the current month; T = mean monthly temperature.

	P		T		Foto	
	rs	p	rs	p	rs	P
<i>Alchornea glandulosa</i>	0,14	0,580	0,32	0,190	0,19	0,444
<i>Alchornea triplinervia</i>	0,11	0,670	0,40	0,101	0,61*	0,006
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	0,72*	0,001	0,28	0,256	0,45	0,062
<i>Cabralea canjerana</i>	0,50*	0,034	0,61*	0,008	0,78*	<0,001
<i>Cedrela fissilis</i>	0,61*	0,009	0,42	0,080	0,69*	0,001
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	0,40	0,097	0,43	0,074	0,63*	0,004
<i>Croton floribundus</i>	0,02	0,927	-0,37	0,131	-0,21	0,412
<i>Inga edulis</i>	0,35	0,155	0,53*	0,025	0,62*	0,006
<i>Prunus myrtifolia</i>	0,53*	0,024	0,41	0,091	0,55*	0,010
<i>Trichilia casaretti</i>	0,72*	<0,001	0,36	0,140	0,62*	0,006
<i>Trichilia clausenii</i>	0,76*	<0,001	0,31	0,206	0,57*	0,014

Essas correlações positivas e significativas indicam a influência destes fatores climáticos na dinâmica do CCT das espécies. De acordo com estudo fenológico da comunidade arbórea do PEMG (incluindo as espécies desse estudo) realizado por Perina (2011), o fotoperíodo determinou os padrões fenológicos das espécies e a produção de novas folhas coincidiu com o período de aumento do fotoperíodo (agosto a novembro). A partir de outubro, as copas com folhas novas (recentemente expandidas ou em expansão) possivelmente com maior produção de fotoassimilados, associadas aos maiores fotoperíodos, as maiores temperaturas e a maior disponibilidade de água (maior precipitação) promoveram o aumento do crescimento em circunferência dessas espécies devido à reativação da atividade do câmbio vascular.



**Figura 2.** Incremento médio mensal em circunferência (mm) do tronco das árvores de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual, Paraná, Brasil. Setas = incremento médio mensal negativo. As linhas verticais sobre as barras indicam o desvio padrão.

**Figure 2.** Monthly mean circumference (mm) increase in the trunks of the tree species of a seasonal semi-deciduous forest, Paraná, Brazil. Arrows = negative mean monthly increase. The vertical lines on the bars indicate standard deviation.

Embora a precipitação tenha correlação positiva com crescimento para algumas espécies e seja fundamental para o crescimento das plantas, ressalta-se a influência do fotoperíodo e da temperatura sobre o CCT. Junho de 2012 foi o mês com maior precipitação (historicamente atípico) e mesmo assim as taxas de crescimento mantiveram-se baixas até outubro de 2012. Portanto, por mais que ocorra alta disponibilidade de água, os menores fotoperíodo e temperatura do período (maio a agosto de 2012) impediram o crescimento em circunferência. Yáñez-Espinosa et al. (2006) encontraram associação do período da atividade cambial com a temperatura máxima para algumas espécies tropicais e Bosio (2015) considerou, também, a temperatura e o fotoperíodo como fatores principais na reativação da atividade do câmbio vascular em uma espécie do cerrado paulista.

Para as espécies *Alchornea glandulosa* e *Croton floribundus*, a diminuição do ritmo de crescimento foi mais tardia, nos meses de maio e julho, respectivamente (Figura 2). Isso sugere que essas espécies apresentam maior plasticidade frente às variações climáticas registradas. A ausência de correlação entre taxas de incremento mensais com qualquer parâmetro climático (Tabela 3) apoia essa ideia.

Seis das 11 espécies avaliadas registraram taxas negativas de incremento em circunferência do tronco, nos meses mais secos, sobretudo em setembro de 2011 e agosto de 2012 (Figura 2). Considerando-se que uma das funções da casca é o armazenamento de água (ROSELL et al., 2014), os valores negativos observados da taxa de incremento podem ser atribuídos ao uso dessa reserva hídrica pela planta durante o período mais desfavorável. Adicionalmente, a variação da umidade relativa do ar leva a oscilação da largura da casca, já que ela está em contato direto com o ambiente (ZWEIFEL et al., 2000; STAHL et al., 2010).

### Condições de crescimento e incremento acumulado

Considerando-se todas as covariáveis, somente o diâmetro à altura do peito (DAP) influenciou negativamente o incremento acumulado dos indivíduos (Tabela 4). Isso indica que as árvores de maior diâmetro apresentaram as menores taxas de incremento acumulado. Alguns estudos já demonstraram que ocorre uma variação nas características fisiológicas que refletem em um menor crescimento das árvores, conforme o seu tamanho e idade (RYAN; YODER, 1997; ABDUL-HAMID; MENCUCINI, 2009). Geralmente, árvores maiores apresentam menor condutância hidráulica, pois a água deve superar um adicional gravitacional e uma maior força de atrito para chegar ao topo (BLACK et al., 2008). A menor quantidade de água que chega às folhas promove o estresse hídrico temporário e induz o fechamento estomático, o que limitaria a assimilação do gás carbônico, contribuindo com a menor disponibilidade de fotoassimilados e, conseqüentemente, a redução do crescimento (RYAN; YODER 1997).

**Tabela 4.** Análise de covariância entre características dos indivíduos e o incremento acumulado em circunferência do tronco de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual, Paraná, Brasil. DAP = diâmetro a altura do peito; GL = graus de liberdade; (\*) indica relação significativa ( $p \leq 0,05$ ).

**Table 4.** Analysis of covariance between characteristics of individuals and the cumulative increase in circumference of the trunk of tree species of a seasonal semi-deciduous forest, Paraná, Brazil. DAP = diameter at breast height; GL = freedom degree; (\*) indicates a significant correlations ( $p \leq 0.05$ ).

Características	GL	Valor $\chi^2$	p-valor	Inclinação da reta (b)
DAP	1	5,22	<b>0,02*</b>	-0,32
Altura	1	0,46	0,49	0,28
Deciduidade	2	0,18	0,91	-0,28
Incidência de lianas	3	1,3	0,73	2,30
Posição sociológica	2	3,06	0,21	-2,10

A altura, a deciduidade, a incidência de lianas e a posição sociológica, ao contrário do esperado, não apresentaram influência sobre o crescimento (Tabela 4). Isto possivelmente ocorreu, pois poucas árvores foram registradas como codominantes ou dominadas (20,5%) e menor proporção de árvores registrou alta ocorrência de lianas (23,7%).

### CONCLUSÕES

Este estudo fornece evidências de que espécies arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual no Sul do país apresentam ciclos sazonais de CCT controlados por fatores ambientais que atuam em



conjunto. Este é um registro importante para uma região de diversidade climática, uma vez que está localizada sob a influência dos climas tropical e subtropical. Acrescido a isso, vale enfatizar, também, as diferenças de crescimento dentro das árvores da mesma espécie devido às características dos indivíduos.

A constatação de que estas espécies apresentam ciclos sazonais de crescimento em circunferência é um dado importante acerca do conhecimento da ecologia das florestas estacionais semidecíduais. Esta sazonalidade sugere a formação de anéis de crescimento que é a condição básica e essencial para o emprego destas espécies arbóreas em futuros estudos dendrocronológicos, climáticos e ecológicos. Da mesma forma, a avaliação da influência das condições microclimáticas, bem como das características dos indivíduos sobre o crescimento das árvores é uma valiosa contribuição para o conhecimento acerca da dinâmica destas florestas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-HAMID, H.; MENCUCINI, M. Age and size-related changes in physiological characteristics and chemical composition of *Acer pseudoplatanus* and *Fraxinus excelsior* trees. **Tree Physiology**, Victoria, v. 29, n. 1, p. 27-38, 2009.

BAKER, T. R.; SWAINE, M. D.; BURSLEM, D. F. R. P. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. **Perspective Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Amsterdam, v. 6, n. 1-2, p. 21-36, 2003.

BAZZAZ, F. A.; PICKETT, S. T. A. The physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 11, p. 287-310, 1980.

BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; SANTOS, F. A. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Fichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 595-602, 2006.

BIANCHINI, E.; POPOLO, R. S.; DIAS, M. C.; PIMENTA, J. A. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 405-419, 2003.

BLACK, B. A.; COLBERT, J. J.; PEDERSON, N. Relationships between radial growth rates and lifespan within North American tree species. **Ecoscience**, v. 15, n. 3, p. 349-357, 2008.

BOSIO, F. **Atividade cambial e o efeito de anelamento no xilema secundário em espécies de Cerrado**. 2015. 86 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Botânica) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Botucatu, 2015.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, 2001. p. 145-171.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L. Les lianes et l'accroissement de *Centrolobium tomentosum* Guill. Ex-Benth. (Papilionoideae) au Brésil. **Bois et forêts des tropiques**, Nogent-Sur-Marne, v. 2, n. 284, p. 71-75, 2005.

BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E.; TOMAZELLO-FILHO, M. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareúba (*Calophyllum angulare* A. C. Smith, Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. Ex Benth, Leg. Caesalpinioideae) de floresta de Terra Firme, em Manaus-AM. In: ROIG, F. A. (Org.) **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 357-380.

CALLADO, C. H.; ROIG, F. A.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BARROS, C. F. Cambial growth periodicity studies of South American woody species – A review. *IAWA Journal*, Leiden, v. 34, n. 3, p. 213-230, 2013.

CALLADO, C. H.; SILVA NETO, S. J.; SCARANO, F. R.; BARROS, C. F.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *Trees*, New York, v. 15, n. 8, p. 492-497, 2001.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in a Costa Rican tropical rain forest. *Journal of Ecology*, Oxford, v. 82, n. 4, p. 865-872, 1994.

CLARK, D. B.; CLARK, D. A.; OBERBAUER, S. Annual wood production in a tropical rain forest in NE Costa Rica linked to climatic variation but not to increasing CO<sub>2</sub>. *Global Change Biology*, London, v. 16, n. 2, p. 747-759, 2010.

FAHN, A.; BURLEY, J.; LONGMAN, K. A.; MARIAUX, A. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: BORMANN, F. H.; BERLYN, B. (Org.). *Age and growth rate of tropical trees: new directions for research*. New Haven: Yale University, 1981. p. 83-100.

FERREIRA-FEDELE, L.; TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; GIANNOTTI, E. Periodicidade de crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas da região Sudeste do Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 65, p. 141-149, 2004.

FONSECA, R. C. B. *Fenologia e estrutura de uma floresta semidecídua de Botucatu, SP: relação com as fases de desenvolvimento sucessional*. 1998. 198 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

FORSYTHE, W. C.; RYKIEL, E. J.; STAHL, R. S.; WU, H. E.; SCHOOLFIELD, R. M. A model comparison for daylength as a function of latitude and day of year. *Ecological Modelling*, Kidlington, v. 80, n. 1, p. 87-95, 1995.

KÖPPEN, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 466 p.

KREPKOWSKI, J.; BRÄUNING, A.; GEBREKIRSTOS, A.; STROBL, S. Cambial growth dynamics and climatic control of different tree life forms in tropical mountain forest in Ethiopia. *Trees*, New York, v. 25, n. 1, p. 59-70, 2011.

LISI, C.; TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L.; VOIGT, A. R. A. Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a Seasonal Semideciduous Forest in Southeast Brazil. *IAWA Journal*, Leiden, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

NUNES, L.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da região sudeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DIAS, A. F.; JUSTI, M. G. A. (Org.). *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 243-256.

PERINA, B. B. *Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual do sul do Brasil*. 2011. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

PUTZ, F. E. The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Ecological Society of America*, v. 65, n. 6, p. 1713-1724, 1984.

ROSELL, J. A.; GLEASON, S.; MÉNDEZ-ALONSO, R.; CHANG, Y.; WESTOBY, M. Bark functional ecology: evidence for trade-offs, functional coordination and environment producing bark diversity. **New Phytologist**, Oxford, v. 201, n. 2, p. 486-497, 2014.

RYAN, M. G.; YODER, B. J. Hydraulic limits to tree height and tree growth. **BioScience**, Washington, v. 47, n. 4, p. 235-242, 1997.

SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M. T.; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNA, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian flood plain forests. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, n. 4, p. 581-597, 2002.

SILVA, F. C.; SOARES-SILVA, L. H. Arboreal flora of the Godoy Forest State Park, Londrina, PR, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 57, n. 1, p. 107-120, 2000

SOARES-SILVA, L. H. **Fitossociologia arbórea da porção norte do Parque Estadual da Mata dos Godoy, Londrina, Paraná**. 1990. 196 p. (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

STAHL, C.; BURBAN, B.; BOMPY E.; JOLIN, Z. B.; SERMGE J.; BONAL, D. Seasonal variation in atmospheric relative humidity contributes to explaining seasonal variation in trunk circumference of tropical rain-forest trees in Fench Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 26, n. 4, p. 393-405, 2010.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, Amsterdam, v. 75, n. 1-2, p. 81-86, 1988.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento em árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, 2001. p. 117-143.

VAN DER HEIJDEN, G. M. E.; PHILLIPS, O. L. Liana infestation impacts tree growth in a lowland tropical moist forest. **Biogeoscience**, v. 6, n. 10, p. 2217- 2226, 2009.

WAGNER, F.; ROSSI, V.; STAHL, C.; BONAL, D.; HÉRAULT, B. Water availability is the main climate driver of Neotropical tree growth. **PLoS ONE**, v. 7, n. 2, p. 1-12, 2012.

WIMMER, R. Arthur Freiherr von Seckendorff-Gudent and the early history of tree-ring crossdating. **Dendrochronologia**, Amsterdam, v. 19, n. 1, p. 153-158, 2001.

WORBES, M. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 87, n. 3, p. 391-403, 1999.

WORBES, M.; STASCHEL, R.; ROLOFF A.; JUNK, W. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 173, n. 1-3, p. 105-123, 2003.

YÁÑEZ-ESPINOSA, L.; TERRAZA, T.; LÓPEZ-MATA, L. Integrated analysis of tropical trees growth: a multivariate approach. **Annals of Botany**, Oxford, v. 98, n. 3, p. 637-645, 2006.

ZWEIFEL, R.; ITEM, H.; HÄSTER, R. Stem radius changes and their relation to stored water in stems of young Norway spruce trees. **Trees**, New York, v. 15, n. 1, p. 50-57, 2000.

Recebido em 20/08/2014

Aceito para publicação em 12/08/2015

