



ARTIGO

Fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil

Eduardo Anversa Athayde^{1*}, Eduardo Luís Hettwer Giehl², Jean Carlos Budke³,
João Pedro Arzivenko Gesing⁴ e Sonia Maria Eisinger⁵

Submetido em: 10 de junho de 2008 Recebido após revisão em: 18 de dezembro de 2008 Aceito em: 19 de janeiro de 2009
Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1050>

RESUMO: (Fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil). Os eventos fenológicos estão geralmente sujeitos a variações ambientais relacionadas ao clima. O objetivo do presente estudo é descrever a atividade fenológica do componente arbóreo em uma floresta ribeirinha subtropical, relacionando os padrões vegetativos e reprodutivos com variáveis climáticas. Vinte e três espécies pertencentes a 15 famílias botânicas foram observadas quanto à floração, frutificação, presença de folhas jovens, folhas maduras, queda foliar e brotamento. O pico de floração transcorreu durante o mês de novembro, sendo a frutificação mais intensa no decorrer dos meses seguintes, embora frutos maduros zoocóricos estivessem disponíveis durante todo o ano. A queda foliar correlacionou-se com a diminuição do fotoperíodo e temperatura, atingindo maior intensidade entre o final de agosto e início de setembro. As espécies de comportamento decíduo ocorreram predominantemente como espécies emergentes, enquanto que as demais ocuparam as posições verticais seguintes. O desencadeamento das fases esteve diretamente relacionado às variações sazonais de fotoperíodo e temperatura, enquanto que a ausência de períodos sistematicamente secos demonstra que as espécies não apresentam restrição hídrica regular.

Palavras-chave: fenologia reprodutiva, fotoperíodo, queda foliar, sazonalidade, teste de Rayleigh.

ABSTRACT: (Phenology of tree species in a riparian forest of Santa Maria, southern Brazil). Phenological events are frequently subject from environmental variation mostly related to climate. The aims of this work were to analyze phenological patterns of tree species and to seek for relationships with climatic variables. Twenty-three plant species from 15 families were observed for flowering, fruiting, production of new leaves and new branches, presence of mature leaves and leaf fall. A flowering peak occurred in November and fruiting showed higher intensity in the successive months, although mature zoochorous fruits were present along the entire year. Leaf fall showed high correlation with decreasing daylength and temperature, reaching a peak between the end of August and start of September. Deciduous species were predominant as canopy emergent trees, while those with non-seasonal leaf production were present across the entire vertical space. Triggering of phenologies was directly related to seasonal pattern of daylength and temperature, whereas the lacking of seasonal dry phases suggests species are not influenced by regular dry periods.

Key words: daylength, leaf fall, Rayleigh test, reproductive phenology, seasonality.

INTRODUÇÃO

Florestas ribeirinhas são geralmente áreas de ligação entre formações florestais distintas, formando verdadeiros corredores ecológicos, com recursos utilizados por diversos tipos de animais (Ragusa-Netto 2004). Entretanto, estes ambientes foram e vêm sendo convertidos em culturas agrícolas, tornando urgente o levantamento de informações sobre seu funcionamento, a fim de subsidiar propostas de recuperação (van den Berg & Oliveira-Filho 1999, Budke *et al.* 2007). As florestas ribeirinhas são constituídas por espécies provenientes de formações adjacentes (Rodrigues 2000), além de espécies características deste tipo de formação florestal, favorecidas pela presença de adaptações aos ambientes passíveis de inundação (Koslowski 2002). Na região central do Rio Grande do Sul, estas florestas compartilham muitas espécies com as florestas estacionais das Bacias do Paraná-Uruguai, além de apresentarem diversas espécies de ampla distribuição

geográfica (Budke *et al.* 2004, 2006).

A fenologia é o estudo das variações periódicas no ciclo de vida das populações, resultantes da pressão seletiva gerada pelas condições ambientais (Lieth & Schultz 1976), sendo que nas espécies vegetais, o surgimento das fases vegetativas e reprodutivas reflete as variações de clima, solo e fatores bióticos que atuam em seus processos fisiológicos ao longo do ano (Almeida & Alves 2000).

Em muitas florestas brasileiras têm-se documentado ritmos sazonais relacionados com a disponibilidade hídrica, especialmente para florestas semidecíduas do sudeste (Morellato *et al.* 1989, Morellato & Leitão-Filho 1992, Morellato 1995) e também, para algumas formações florestais ribeirinhas (Carmo & Morellato 2000, Pedrão & Stranghetti 2001, Funch *et al.* 2002, Ragusa-Neto 2004). Em áreas com inundação sazonal na região da Amazônia Central, Parolin *et al.* (2002) e Ferreira &

1. Biólogo. Av. 36 A, 780, Vl. Alemã, CEP 13506-650, Rio Claro, SP.

2. PPG em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves 9500, Prédio 43433, CEP 91105-970, Porto Alegre, RS.

3. Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Erechim. Av. Sete de Setembro 1621, CEP 99700-000, Erechim, RS.

4. Biólogo. Prefeitura Municipal de Ijuí. Rua Benjamin Constant, 429, CEP 98700-000, Ijuí, RS.

5. Departamento de Biologia, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Camobi. Km 09, CEP 97105-200, Santa Maria, RS.

* Autor para contato. E-mail: eanversa@yahoo.com.br

Parolin (2007) relataram sobre a relação entre os ritmos fenológicos, particularmente floração e frutificação, com a inundação, que, em alguns anos, pode ter duração superior a 210 dias. Por outro lado, no sul do Brasil, estudos fenológicos ainda são escassos, não permitindo uma compreensão da dinâmica destas florestas (Budke *et al.* 2004, Marchioretto *et al.* 2007), gerando discussões de ordem nomenclatural sobre algumas áreas florestais no Brasil meridional (Marchiori 2002).

Nas florestas semidecíduas do sudeste brasileiro, os eventos fenológicos estão diretamente relacionados à sazonalidade verificada na precipitação (Morellato 1995). Em áreas subtropicais do Brasil, têm sido observada uma forte relação reprodutiva e vegetativa com a temperatura média e comprimento do dia (Marques *et al.* 2004, Marques & Oliveira 2004, Marchioretto *et al.* 2007), devido à maior amplitude anual destas variáveis, com o aumento da latitude no sul do Brasil.

Pouco se conhece sobre a fenologia de florestas ribeirinhas, as relações da fenologia com as condições climáticas existentes e a influência do regime hidrológico sobre a produção de flores e frutos (Kinnaird 1992), sendo que há espécies com características fisiológicas muito distintas nestes ambientes (Koslowski 2002).

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo fenológico da sinúsia arbórea de uma floresta ribeirinha na região central do estado do Rio Grande do Sul, procurando responder principalmente as seguintes questões: 1) Como variam os ritmos fenológicos de espécies arbóreas presentes em uma floresta ribeirinha no sul do Brasil? 2) Os padrões observados correlacionam-se com variáveis climáticas?

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado ao longo do médio-curso do rio Passo das Tropas, pequeno afluente do rio Vacacaí-Mirim no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil,

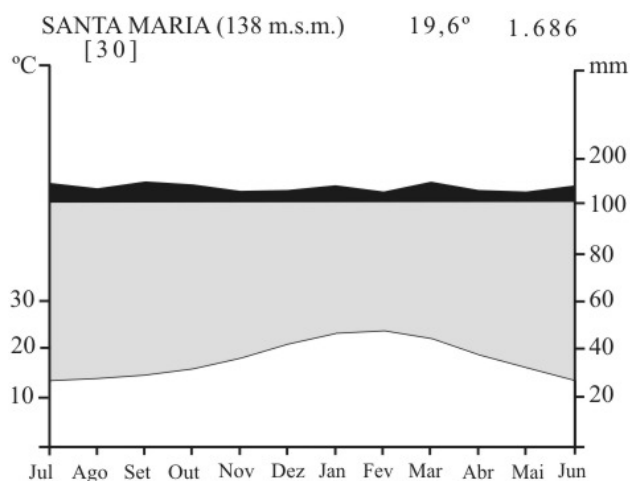


Figura 1. Diagrama climático da região de Santa Maria, sul do Brasil, entre os anos de 1961 a 1990.

nas coordenadas 29°45'S e 53°47'W. O rio é perene em todas as épocas do ano, medindo cerca de 5 m de largura, margeado por uma cobertura florestal densa, com aproximadamente 150 m de largura da margem, e cerca de 2.200 ind·ha⁻¹ (Budke *et al.* 2004). A área em estudo pouco sofreu com a extração de madeira e está inalterada há pelo menos 40 anos, possuindo em torno de 20 ha de floresta contínua.

O clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido) segundo a classificação de Köppen (Moreno 1961). Dados do período de 1961 a 1990, provenientes da Estação de Meteorologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), distante 5 km da área de estudo, indicaram uma temperatura média anual de 19,6°C, com médias mensais variando de 24,8°C, em janeiro, a 14,3°C, em junho, precipitação média de 1.686 mm·ano⁻¹, com chuvas bem distribuídas em todas as estações (Fig. 1).

De acordo com levantamento fitossociológico disponível para área (Budke *et al.* 2004), a família com maior riqueza específica é Myrtaceae (17 spp.), seguida por Fabaceae (seis), Euphorbiaceae, Salicaceae e Rubiaceae, com três espécies cada. *Eugenia* (seis), *Casearia*, *Sebastiania*, e *Myrsine* (duas) são os gêneros com maior riqueza em espécies, sendo os demais, representados por uma única espécie cada. Espécies estruturalmente importantes são *Gymnanthes concolor*, *Eugenia uniflora*, *Plinia rivularis*, *Sebastiania commersoniana* e *Sebastiania brasiliensis*.

Para o período de estudo, foram avaliadas a temperatura média quinzenal e a precipitação cumulativa quinzenal, a partir dos dados provenientes da Estação Meteorológica da UFSM (Figs. 2A e 2B). A variação do comprimento do dia foi calculada de acordo com Pereira *et al.* (2002). O fotoperíodo varia de 13,8 h·dia⁻¹, em dezembro, a 10,2 h·dia⁻¹, em junho, resultando em uma diferença no comprimento do dia de 3,6 h·dia⁻¹ durante o ano, com os meses de menor temperatura média coincidindo aos de menor fotoperíodo (Fig. 2A). Durante o período de estudo, a menor temperatura média mensal foi 16,6°C, verificada no mês de junho, enquanto que em janeiro foi observada a maior temperatura média mensal (31,2°C). O mês de menor precipitação foi janeiro de 2004 (21,7 mm), caracterizando um período de déficit hídrico, evento que não apresenta regularidade, não estando evidente no diagrama climático da região (Fig. 1). Os meses que apresentaram os maiores índices pluviométricos foram março, novembro e dezembro, com valores de 342,4, 228,6 e 357,3 mm, respectivamente. A umidade relativa do ar, em termos de médias quinzenais, foi superior a 70% ao longo do ano. O ano de estudo apresentou precipitação anual de 2.031 mm, valor superior à média registrada para a região.

Fenologia

O estudo foi realizado através de observações quinzenais, durante os meses de fevereiro de 2003 a março de 2004. Para a amostragem dos indivíduos, foram demarcadas três transeções de 300 x 6 m, dispostas

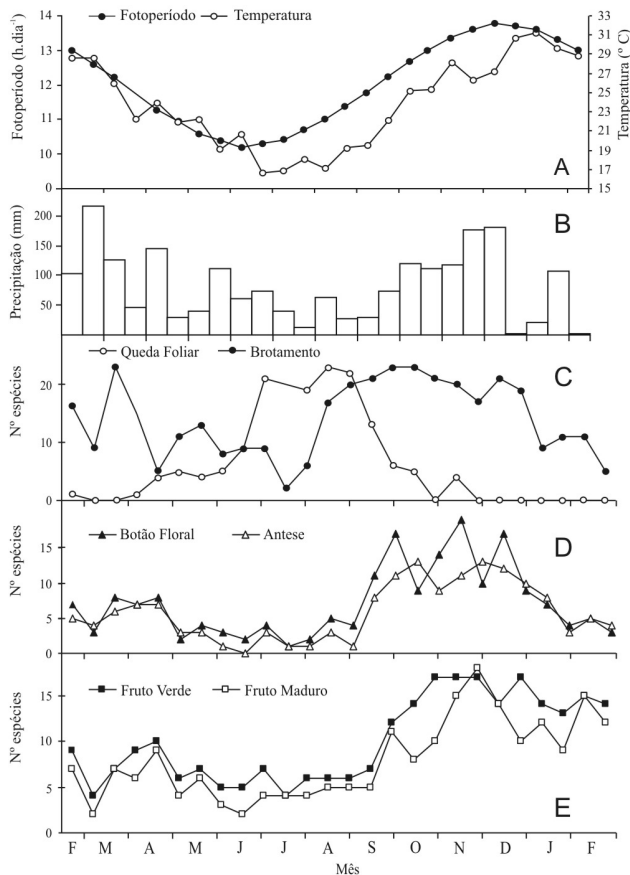


Figura 2. Variáveis climáticas e fenofases observadas para as espécies arbóreas durante o período de 2003 a 2004 em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. A. Variação da temperatura média quinzenal e fotoperíodo. B. Precipitação cumulativa quinzenal. C. Queda foliar e brotamento. D. Botão floral e antese. E. Fruto verde e fruto maduro.

de forma paralela à margem esquerda do rio Passo das Tropas, separados entre si por uma distância de 50 m. A primeira transeção foi instalada a uma distância de 10 m da margem do rio. Todas as árvores, com perímetro à altura do peito (PAP) ≥ 15 cm, foram amostradas. Foram acompanhados no mínimo cinco indivíduos por espécie, selecionados de forma sistemática ao longo das transeções. As espécies foram agrupadas nas famílias reconhecidas pelo “Angiosperm Phylogeny Group” (APG II 2003).

As fenofases observadas foram queda foliar, brotamento, folhas novas, folhas maduras, floração e frutificação. Para a construção das curvas fenológicas, utilizou-se a proposta de Morellato *et al.* (1989), onde a produção de flores foi dividida em botões e antese (ou floração propriamente dita) e a produção de frutos foi dividida em período de desenvolvimento dos frutos (ou frutos verdes) e frutificação (ou frutos maduros). O evento de queda foliar foi delimitado pela redução do número de folhas nas copas em pelo menos 50%, e confirmada pela presença das folhas sob a projeção da copa do indivíduo na serrapilheira. O brotamento foi definido a partir do aparecimento de novos ramos e pequenas folhas brilhantes com coloração geralmente avermelhada

e, como fim da fenofase, quando a maioria das folhas atingia aproximadamente o tamanho e coloração das folhas adultas. Folhas novas foram registradas durante o período de brotamento, estendendo-se eventualmente além deste, até não haver mais diferenças entre as folhas recém produzidas e as demais. Foram determinados três padrões principais de produção e queda de folhas: padrão decíduo, caracterizado por espécies com queda e produção de folhas concentradas em determinada época do ano, ficando por um tempo sem ou quase sem folhas em suas copas; padrão semidecíduo, caracterizado por espécies com um período de maior queda foliar, mas nunca ficando totalmente sem folhas; e padrão perenifólio, caracterizado por espécies que produzem continuamente uma pequena quantidade de folhas novas e não mostram queda foliar concentrada sendo esta, em geral, imperceptível ou pouco visível.

As fenofases foram avaliadas através do índice de atividade (% de indivíduos), o qual constata a presença/ausência do evento de modo individual mas, em nível populacional, torna-se um método de caráter quantitativo, indicando a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando a fenofase (Bencke & Morellato 2002). Foram calculadas as datas médias de floração, frutificação, brotamento, queda foliar, folha nova e folha madura e a concentração dos picos das fenofases em torno da média (C), utilizando-se o teste “Rayleigh” (Z) para distribuições circulares (Zar 1996). A partir do valor de C, pode-se concluir sobre a sazonalidade das distribuições de frequência das épocas de cada fenofase, onde maior concentração representa maior sazonalidade (Morellato *et al.* 1989). Foi considerado “pico de atividade fenológica” como a data onde o maior número de indivíduos apresentava a fenofase considerada, para uma determinada espécie. As espécies foram classificadas, conforme as estratégias de dispersão, como zoocóricas, anemocóricas e autocóricas, de acordo com observações a campo e literatura especializada (van der Pijl 1982). As datas de pico de frutificação das espécies, agrupadas por estratégias de dispersão, foram comparadas através do teste F para distribuição circular e suas médias calculadas (Zar 1996). Para o conjunto de espécies, o número de indivíduos em cada fenofase foi relacionado às séries de dados de precipitação e temperatura correspondentes ao período de estudo e, também, à média astronômica de comprimento do dia, através de correlações por postos de Spearman (Zar 1996). Devido ao atraso que pode ser apresentado entre o estímulo ambiental e a resposta fenológica (Marques *et al.* 2004), verificaram-se as correlações entre os eventos fenológicos e as variáveis ambientais, de zero a dois meses anteriores às observações (Marques *et al.* 2004).

RESULTADOS

Foram amostrados 208 indivíduos de 23 espécies, pertencentes a 15 famílias botânicas, sendo as espécies, distribuídas em diferentes alturas, desde arvoretas do

sub-bosque até indivíduos emergentes (Tab. 1). Com exceção da fenofase folha madura, para as demais houve concentração em torno da data média ($P < 0,001$), embora

estas concentrações tenham sido baixas para fenofases reprodutivas (Tab. 2).

Tabela 1. Número de indivíduos amostrados (N), estratégias de dispersão e sincronismo (% , pico entre parêntesis) de cada fenofase para as espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. ED, estratégias de dispersão (An, anemocórica; Au, autocórica; Z, zoocórica); Fl, floração; Fr, frutificação; QF, queda foliar; Br, brotamento; PF, perda foliar (P, perenifolia; S, semidecídua; D, decídua); C, fenofase observada continuamente.

FAMÍLIA/Espécie	N	ED	Fl	Fr	QF	Br	PF
ANNONACEAE							
<i>Rollinia salicifolia</i> Schldt.	8	Z	nov-mar 87,5% (nov)	nov-mar 12,5% (dez)	jun-out 100% (ago)	out-jan 65,2% (out)	D
BORAGINACEAE							
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.E.Mill.	10	An	set-dez 30% (nov)	out-dez 30% (nov)	–	C* 70% (out)	S
EUPHORBIACEAE							
<i>Gymnanthes concolor</i> Spreng.	10	Au	set-out 70% (out)	out-nov 50% (nov)	–	set-dez 80% (out)	P
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	9	Au	set-jan 55,6% (out)	jan-mar 11,1% (jan)	jun-set 88,9% (set)	jul-out 44,5% (out)	S
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) Smith & Downs	8	Au	ago-out 75% (set)	out-fev 50% (dez)	jun-set 50% (ago)	C 75% (out)	S
FABACEAE							
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	7	An	nov-jan 14,3% (dez)	nov-jan 14,3% (jan)	jul-out 57,2% (out)	C 43% (out)	D
LAMIACEAE							
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	11	Z	out-dez 27,3 % (nov)	nov-jan 45,5% (jan)	abr-out 100% (jul)	out-dez 91% (out)	D
LAURACEAE							
<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	8	Z	nov-abr 62,5 % (jan)	dez-mai 25% (abr)	–	C 62,5% (out)	S
MALVACEAE							
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	10	A	dez-abr 70% (fev)	C 90% (mar)	mai-set 90% (ago)	ago-jan 90% (out)	D
MYRSINACEAE							
<i>Myrsine loefgrenii</i> (Mez) Imkhan.	10	Z	jul-out 30% (jul)	set-mar 20% (fev)	–	C 80% (set)	P
<i>Myrsine lorentziana</i> (Mez) Arechav.	6	Z	abr-jul 66,7% (abr)	mai-dez 100% (dez)	–	ago-jan 100% (nov)	S
MYRTACEAE							
<i>Eugenia hiemalis</i> Cambess.	11	Z	mar-mai 90,9% (abr)	mai-out 81,8% (out)	–	C 72,3% (out)	P
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	8	Z	set-out 75% (out.)	out-nov 62,5% (nov)	–	C 37,5% (set)	P
<i>Eugenia uniflora</i> L.	11	Z	out 27,3% (out)	out-jan 81,8% (nov)	jul-ago 27,3% (jul)	C 36,4% (set)	P
<i>Myrcianthes pungens</i> (O. Berg) D. Legrand	8	Z	set-nov 12,5% (out)	out 12,5% (out)	–	mai-nov 25% (out)	S
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	6	Z	nov 16,7% (nov)	dez 33,3% (dez)	–	C 83,3% (out)	S
POLYGONACEAE							
<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	12	A	ago-nov 16,7% (out)	ago-out 16,7% (out)	abr-out 91,7% (set)	set-jan 50% (out)	D
RUBIACEAE							
<i>Chomelia obtusa</i> Cham. & Schldt.	9	Z	nov-jun 77,8% (jan)	C 100% (abr)	–	out 100% (out)	P
<i>Guettarda uruguensis</i> Cham. & Schldt.	10	Z	nov-jan 50% (nov)	nov-mar 40% (jan)	jul 90% (jul)	set 100% (set)	S
RUTACEAE							
<i>Helieta apiculata</i> Benth.	5	A	nov-dez 100% (nov)	jan-fev 80% (fev)	–	out-nov 40% (out)	S
SALICACEAE							
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	7	Z	set-out 42,8%(out)	out-jan 28,6% (jan)	jun-set 85,7% (ago)	C 57,2% (out)	D
SAPINDACEAE							
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil. <i>et al.</i>) Radlk. ex Warm.	8	Z	ago-out 62,5% (set)	out-nov 50% (nov)	jul-set 62,5% (set)	ago-nov 75% (out)	D
SAPOTACEAE							
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	16	Z	jan-abr 56,3% (fev)	set-nov/fev-abr 25% (nov)	jul-set 18,8% (ago)	set-dez 25% (dez)	S

Tabela 2. Valores estimados para o teste Z de uniformidade de Rayleigh e concentração das fenofases para as espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. Bot, botão floral; Ant, antese; Frv, fruto verde; Frm, fruto maduro; Flj, folha jovem; Flm, folha madura; Que, queda; Brot, brotamento.

	Bot	Ant	Frv	Frm	Flj	Flm	Que	Brot
Concentração (C)	0,47	0,46	0,50	0,42	0,89	0,029	0,92	0,92
Data Média	14/11	20/11	05/12	10/12	10/11	29/03	15/08	17/10
Rayleigh Z	5,15	4,57	4,74	3,15	20,8	5,7	11,73	22,2
P	0,005	0,009	0,007	0,04	<0,001	0,40	<0,001	<0,001
N	23	21	19	18	23	23	14	23

Brotamento e queda foliar

Das espécies presentes na área, 34% são decíduas, 40% são semidecíduas e 26% são perenifólias (Tab. 1). As fenofases vegetativas, de modo geral, apresentaram alta sazonalidade, com exceção de folha madura (Tab. 2). A queda foliar apresentou um pico em agosto, sendo que, ao final deste período, mais de 30% dos indivíduos estiveram desprovidos de folhas. Este pico reflete a perda de folhas pelas espécies decíduas presentes no dossel (*Luehea divaricata*, *Ruprechtia laxiflora*, *Rollinia salicifolia* e *Vitex megapotamica*). Para as espécies do sub-bosque, como *Gymnanthes concolor* e grande parte das mirtáceas, não foi observada a perda total de folhas maduras de suas copas. A fenofase queda foliar foi a de maior concentração ($C = 0,92$; $P < 0,001$) (Tab. 2). Entre as espécies com maiores sincronias, destacaram-se *Rollinia salicifolia* e *Vitex megapotamica*, com 100% de sincronismo, seguidas por *Ruprechtia laxiflora*, *Luehea divaricata*, *Guettarda brasiliensis* e *Sebastiania brasiliensis*, todas com sincronismo maior que 85%. As datas de pico para as espécies se concentraram em julho, agosto e setembro, sendo que a queda foliar correlacionou-se significativamente com o fotoperíodo e a temperatura (Tab. 3) e foi mais intensa cerca de um mês após as menores temperaturas e fotoperíodo.

O brotamento atingiu maior intensidade logo após o fim do período de queda foliar, entre os meses de setembro e outubro (Fig. 2C), apresentando alta concentração (Tab. 2), devido às gemas terminais e axilares das espécies decíduas entrarem conjuntamente em atividade. Os valores de sincronismo para esta fenofase foram muito variáveis, com espécies apresentando alta sincronia, como *Chomelia obtusa*, *Guettarda uruguensis* e *Myrsine lorentziana* (100% de sincronia), seguida de *Luehea divaricata* e *Vitex megapotamica* (80%) e espécies com sincronia baixa como *Chrysophyllum marginatum* e *Myrcianthes pungens* (Tab. 1). As datas de pico para as espécies ocorreram em outubro, sem muita variação (Tab. 1). A produção de folhas jovens apresentou alta concentração, sendo novembro o mês de maior atividade (Tab. 2). Este pico representou principalmente a reconstituição das copas após o período de queda foliar, com destaque para a ocorrência da fenofase nessa época para as árvores do dossel, quando todas as espécies estudadas apresentavam folhas novas em suas copas. Esta fenofase correlacionou-se com o fotoperíodo e o brotamento apresentou correlação significativa com a

temperatura de dois meses anteriores ao evento (Tab. 3).

Floração e frutificação

Embora a floração não tenha apresentado alta sazonalidade (Tab. 2), houve um pico na produção de botões florais em setembro, que se estendeu até dezembro, com algumas oscilações entre este período (Fig. 2D). Por outro lado, a antese apresentou um incremento a partir de setembro, estendendo-se até dezembro. A data média de antese foi novembro, correlacionando-se significativamente com o fotoperíodo e temperatura, que se elevam progressivamente após os meses de inverno.

As espécies em floração podem ser separadas em cinco grupos, de acordo com a época de ocorrência (estação do ano) e duração (tempo em semanas) dessa fenofase. O primeiro grupo, abrangendo doze espécies (52%), floresceu entre setembro e dezembro, quando o comprimento do dia e a temperatura estavam em ascensão. Estas espécies (*Allophylus edulis*, *Casearia decandra*, *Cordia americana*, *Dalbergia frutescens*, *Eugenia involucrata*, *E. uniflora*, *Gymnanthes concolor*, *Myrcianthes pungens*, *Psidium cattleianum*, *Ruprechtia laxiflora*, *Sebastiania brasiliensis* e *S. commersoniana*) apresentaram um período de floração em torno de sete semanas. O segundo grupo abrange as espécies *Guettarda uruguensis*, *Helietta apiculata*, *Rollinia salicifolia* e *Vitex megapotamica* (17%), que floresceram em pleno verão, entre novembro e janeiro, com um período curto de floração de cerca de seis semanas. No terceiro grupo, também ocorreram quatro espécies que apresentaram um período longo de floração, com 22 semanas em média. Estas espécies floresceram entre novembro e maio, época com os maiores valores de temperatura. Incluem-se neste grupo, *Chomelia obtusa*, *Chrysophyllum marginatum*, *Luehea divaricata* e *Ocotea pulchella*. O quarto grupo, formado por apenas duas espécies, floresceu nos meses de abril a maio, com o comprimento do dia diminuindo progressivamente, possuindo floração num curto período de sete semanas, em média. Pertencem a este grupo *Eugenia hiemalis* e *Myrsine lorentziana*. *Myrsine loefgrenii* floresceu de julho ao começo de agosto, com um curto período de floração de quatro semanas.

As correlações entre floração e temperatura e fotoperíodo mostraram-se altamente significativas, respondendo às mudanças destas variáveis com até um mês e meio de atraso, tanto para a fenofase “botões florais” quanto para

Tabela 3. Correlações de Spearman (r_s) entre as fenofases e variáveis ambientais para as espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. Valores entre parênteses indicam o mês em que a fenofase apresentou maior correlação com a variável ambiental, seguido pelo atraso (em meses) em que houve correlações significativas entre as fenofases e a variável ambiental.

	Fotoperíodo (h)	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)
Botão	0,77*** (0 – 1 ½)	0,61** (0 – 1)	-0,3 (2)
Antese	0,76*** (½ – 1 ½)	0,63*** (0 – 1)	0,34 (½)
Fruto novo	0,59* (1 – 2)	0,49* (0 – ½)	-0,24 (0)
Fruto verde	0,75*** (0 – 1 ½)	0,60** (0 – ½)	-0,13 (2)
Fruto maduro	0,66*** (0 – 1 ½)	0,38 (0)	0,21 (0)
Folha jovem	0,52** (0 – ½)	-0,31 (0)	0,32 (½)
Folha madura	0,76*** (2)	0,76 (1 ½ – 2)	0,6** (1 – 1 ½)
Queda foliar	-0,94*** (1 ½ – 2)	-0,94*** (½ – 2)	-0,44* (½)
Brotamento	0,46* (0 – ½)	-0,55** (2)	-0,4 (1 ½)

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

as flores propriamente ditas (Tab. 3). Por outro lado, não houve relação significativa com a precipitação.

Embora sejam reconhecidas épocas distintas para a floração destas espécies, o sincronismo entre os indivíduos de cada espécie variou de forma significativa. Os indivíduos de *Helieta apiculata* apresentaram antese com 100% de sincronismo, seguidos pelos indivíduos de *Eugenia hiemalis*, *Rollinia salicifolia*, *Sebastiania commersoniana* e *Eugenia involucrata*, além de outras espécies com elevado grau de sincronia. Apenas quatro espécies apresentaram-se como assíncronas (*Dalbergia frutescens*, *Myrcianthes pungens*, *Psidium cattleianum* e *Ruprechtia laxiflora*), onde apenas um ou dois indivíduos apresentavam flores ao mesmo tempo.

Espécies em frutificação foram observadas durante todo o ano, embora tenha ocorrido um pico na produção de frutos durante o mês de dezembro (Fig. 2E). Todas as etapas da frutificação foram significativamente sazonais, porém com baixa concentração, com data média em dezembro para os frutos verdes ($C = 0,50$; $P = 0,007$) e maduros ($C = 0,42$; $P = 0,04$), refletindo a produção de frutos contínua ao longo do ano (Fig. 2E). A produção de frutos correlacionou-se significativamente com o fotoperíodo e temperatura, tanto para o período em estudo como variações no fotoperíodo e temperatura de até dois meses de atraso, e não se correlacionou com a precipitação (Tab. 3).

Quanto ao sincronismo apresentado pelas espécies, destacaram-se *Chomelia obtusa* e *Myrsine lorentziana*, cujos indivíduos apresentam 100% de sincronismo para frutificação, seguidas por *Luehea divaricata*, *Rollinia salicifolia*, *Eugenia hiemalis*, *Eugenia uniflora* e *Helieta apiculata*, todas com sincronia acima de 80% (Tab. 1). Para a frutificação, assim como para a floração, a época de ocorrência e as datas de pico para esta fenofase foram muito distintas entre as espécies presentes na comunidade (Tab. 1).

Nas espécies agrupadas por estratégia de dispersão, as datas médias de frutificação diferiram significativamente ($F_{\text{auto} \times \text{zoo}} = 51,05$; $P < 0,001$; $F_{\text{anemo} \times \text{auto}} = 42,55$; $P < 0,001$ e $F_{\text{anemo} \times \text{zoo}} = 11,39$; $P < 0,001$). Observou-se a predominância de espécies zoocóricas, perfazendo 70% das espécies, com pico de frutificação em dezembro (15 espécies), estando significativamente correlacionado com

maior fotoperíodo ($r_s = 0,73$; $P < 0,0001$) e temperatura ($r_s = 0,48$; $P = 0,01$). A anemocoria englobou 21% das espécies em estudo, apresentando pico de frutificação em junho. A frutificação dessas espécies correlacionou-se significativamente com a época de menor temperatura ($r_s = -0,43$; $P = 0,02$). Para as três espécies autocóricas (*Gymnanthes concolor*, *Sebastiania brasiliensis* e *Sebastiania commersoniana*), a data de pico foi janeiro, quando ocorreram elevadas temperaturas ($r_s = 0,59$; $P = 0,001$) e o comprimento do dia foi longo ($r_s = 0,59$; $P = 0,002$).

DISCUSSÃO

Queda e reposição foliar

As oito espécies que apresentaram alto grau de decíduidade fazem parte do elemento das Bacias do Paraná-Uruguaí (Budke *et al.* 2004) e contribuem para o aspecto decíduo da comunidade. A época de maior proporção de indivíduos apresentando queda foliar correlacionou-se com menor fotoperíodo e temperatura, indicando que, na faixa de transição tropical-subtropical, a relação dos eventos fenológicos das plantas com estas variáveis são mais fortes que na faixa tipicamente tropical (Marques *et al.* 2004). Para muitas destas espécies, após a queda foliar, ocorre um pico de brotamento e floração, os quais podem ser coincidentes, a partir de setembro e estendendo-se até novembro. Este padrão coincide com a observação de Rivera *et al.* (2002) de que mesmo com períodos de seca definidos, o brotamento de muitas espécies ocorria próximo ao equinócio da primavera, não em função de uma única variável, mas sim devido a um somatório de fatores, dentre os quais a variação no comprimento do dia. Segundo Richards (1996), as florestas estacionais caracterizam-se por ritmos sazonais definidos, relacionados principalmente com a disponibilidade hídrica em determinada época do ano. Entretanto, na região central do Rio Grande do Sul, as chuvas se distribuem regularmente, não existindo períodos sistematicamente secos (Leite 2002). Isto indica que a precipitação não poderia ser um fator regulador sobre o evento de queda foliar, embora seja o fator desencadeador em regiões tropicais (Bullock & Solís-Magallanes 1990). Por outro lado,

em áreas de transição tropical-subtropical, tal como no presente estudo, as variações no fotoperíodo, associadas com alterações concomitantes na temperatura, podem definitivamente desencadear respostas fisiológicas previsíveis e sistemáticas nas fenofases das espécies.

O caráter decíduo das espécies emergentes ocasiona uma produção de folhas novas com marcada periodicidade anual na época de reconstituição das copas (Reich 1995), imprimindo uma fisionomia particular a esta formação e gerando opiniões divergentes quanto à sua classificação (Teixeira *et al.* 1986, Marchiori 2002). Embora parte do dossel perca as folhas em uma determinada época, esta característica é compartilhada por apenas 34% das espécies. Além disso, muitas espécies características do dossel e do sub-bosque são semidecíduas ou mesmo perenifólias tornando inconsistente, em termos florísticos, a afirmação de que estas florestas seriam decíduas.

Os padrões fenológicos observados no presente estudo assemelham-se aos verificados por Marques & Oliveira (2004), Marques *et al.* (2004) e Marchioretto *et al.* (2007), apoiando a idéia de que, em áreas subtropicais do Brasil meridional, a sazonalidade fenológica é desencadeada principalmente pela temperatura e fotoperíodo, diferindo dos modelos fenológicos existentes para as áreas do sudeste brasileiro, onde as fenofases são reguladas principalmente pela variação anual da precipitação.

Floração

Esta fenofase apresentou padrão significativamente sazonal, semelhante a outros estudos realizados no sul do Brasil, como verificado em Marques *et al.* (2004). Os picos ocorreram nos meses com temperaturas elevadas e maior fotoperíodo, de modo semelhante ao verificado por Marques & Oliveira (2004), para uma floresta de restinga, onde a floração apresentou correlação significativa com estes mesmos fatores, podendo indicar a transição entre regiões tropical-subtropical. Da mesma forma, Marchioretto *et al.* (2007) observaram um incremento na floração durante os períodos mais quentes e com dias mais longos, entretanto, com menor intensidade do que verificado no presente estudo.

A floração apresentou pico no mês de novembro, onde temperatura e comprimento do dia aumentam, apesar de ocorrerem espécies com flores ao longo de todo o ano. Segundo Rivera & Borchert (2001), estas espécies seriam sincronizadas pelo aumento do comprimento do dia através de mecanismos internos. Por outro lado, alguns autores (Opler *et al.* 1980, Liebermann 1982, Reich & Borchert 1984, Morellato *et al.* 1989) sugerem outros fatores como gatilhos para a iniciação da floração como precipitação, umidade e temperatura, além de fatores bióticos como herbivoria, polinização e predação de sementes, frutos e flores.

Segundo Borchert *et al.* (2005) a sincronia da floração em ambientes de baixa sazonalidade climática deve ser regulada pelo fotoperíodo. Este padrão foi verificado por Marchioretto *et al.* (2007) e também pelos estudos de Marques *et al.* (2004) e Marques & Oliveira (2004).

Entretanto, pela relação existente entre fotoperíodo e temperatura, torna-se difícil separar os efeitos causados por estas duas variáveis. No presente estudo, o mesmo padrão foi verificado, evidenciando estreita relação entre a floração e a variação no comprimento do dia e na temperatura, faltando, novamente, relação com a precipitação pluviométrica. Se por um lado, em áreas subtropicais, ocorre dificuldade na separação entre comprimento do dia e temperatura, certamente estudos prolongados, que possam abranger períodos com alterações térmicas, como invernos com temperaturas mais elevadas, poderão indicar com maior eficiência a variação resultante nos eventos fenológicos e seus gatilhos promotores.

A falta de períodos secos e de precipitação intensa definidos gera a possibilidade de ocorrência de inundações em épocas indefinidas e um regime hidrológico com inundações não-previsíveis (Budke *et al.* 2006). Este padrão faz com que florestas ribeirinhas em rios de pequeno porte, tal como no presente estudo, aparentemente não apresentem relação direta entre os eventos fenológicos e a potamofase (fase úmida) ou a limnofase (fase seca), que regulam as fenofases em áreas periodicamente inundáveis, como verificado na Amazônia central, onde a floração ocorre no final da limnofase e a frutificação possui um pico durante a potamofase (Ferreira & Parolin 2007).

Frutificação

Para a frutificação, o pico observado de intensidade de ocorrência foi em novembro, concomitante com a elevação de temperatura e fotoperíodo. Resultado semelhante foi verificado por Carmo & Morellato (2000), estudando a fenologia da floresta ribeirinha do rio Tibagi, no estado do Paraná, onde o pico de frutificação ocorreu na estação mais úmida, em novembro, mas diferiu do padrão encontrado em florestas estacionais semidecíduas do sudeste do Brasil (Morellato 1995), que apresentam pico desta fenofase na transição entre a estação seca e a chuvosa.

Para as espécies anemocóricas presentes na área em estudo, a maior porcentagem de frutos concomitante à menor temperatura e fotoperíodo pode estar ligada à sua maturação e a dispersão pelo vento. Como nesta época do ano as espécies decíduas estão sem folhas, ocorre uma facilitação para a dispersão pelo vento, e as sementes podem alcançar maiores distâncias da planta-mãe, diminuindo a competição parental (Morellato 1995). O problema de dispersar sementes em um período desfavorável à germinação é muitas vezes superado pela ocorrência de dormência nessas espécies (Morellato & Leitão-Filho 1992).

Muitas espécies zoocóricas apresentaram frutos maduros ao longo de todo o ano, mas com maior intensidade na estação de maior temperatura e fotoperíodo. A frutificação distribuída ao longo do ano é um evento comum em florestas tropicais (Hilty 1980, Talora & Morellato 2000), podendo ser uma estratégia para evitar a competição por dispersores. Além disso, este padrão pode estar correlacionado com a época do ano mais favorável para

germinação, o verão (Morellato & Leitão-Filho 1992).

A predominância de espécies zoocóricas na área em estudo e a distribuição regular da precipitação ao longo do ano podem estar contribuindo para a baixa sazonalidade observada na frutificação da comunidade. Segundo Marchioro *et al.* (2007), quanto maior a sazonalidade climática, especialmente na precipitação pluviométrica, maior a porcentagem de espécies com frutos dispersos pelo vento, e em nível comunitário, maior será a concentração de frutos em uma determinada época do ano.

A partir dos resultados do presente estudo se conclui que as variações nas fenofases do componente arbóreo do local são influenciadas pela temperatura e fotoperíodo, não existindo evidências para a regulação destas pela precipitação atmosférica. De modo geral, o período de julho a setembro, em que ocorre queda foliar pronunciada, resulta em menor intensidade das demais fenofases, ocorrendo predominância de brotamento, floração e frutificação de setembro a dezembro.

AGRADECIMENTOS

Ao Fundo de Incentivo à Pesquisa FIPE/CCNE/UFSM), pelo financiamento do presente estudo e ao Programa de Educação Tutorial (PET-/SESu/MEC), pelas bolsas concedidas aos dois primeiros autores. Agradecemos à Dra. L. Patrícia C. Morellato, pela leitura do manuscrito e valiosas sugestões. Aos revisores anônimos, pelas correções e recomendações.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. M. & ALVES, M. A. 2000. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica no Sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 14: 335-346.
- APG II. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141: 399-436.
- BENCKE, C. S. C. & MORELLATO, L. P. C. 2002. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 25: 237-248.
- BORCHERT, R., RENNER, S. S., CALLE, Z., NAVARRETE, D., TYE, A., GAUTIER, L., SPICHIGER, R. & HILDEBRAND, P. 2005. Photo-periodic induction of synchronous flowering near the Equator. *Nature*, 433: 627-629.
- BUDKE, J. C., GIEHL, E. L. H., ATHAYDE, E. A., EISINGER, S. M. & ZÁCHIA, R. A. 2004. Florística e fitossociologia do componente arbóreo de uma floresta ribeirinha, arroio Passo das Tropas, Santa Maria, RS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18: 581-589.
- BUDKE, J. C., JARENKOW, J. A., OLIVEIRA-FILHO, A. T., LINDENMAIER, D. S. 2006. Padrões de riqueza e diversidade em rios de pequeno porte. Pp. 388-392. In: MARIATH, J. E. A. & SANTOS, R. P. (Eds.). *Os avanços da botânica no início do século XXI*. Porto Alegre: SBB.
- BUDKE, J. C., JARENKOW, J. A., OLIVEIRA-FILHO, A. T. 2007. Relationships between tree component structure, topography and soils of a riverine forest, Rio Botucaraí, Southern Brazil. *Plant Ecology*, 189: 187-200.
- BULLOCK, S. H. & SOLÍS-MAGALLANES, J. A. 1990. Phenology of canopy trees of a Tropical Deciduous Forest in Mexico. *Biotropica*, 22: 22-35.
- CARMO, M. R. B. & MORELLATO, L. P. C. 2000. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da Bacia do rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil. Pp. 125-141. In: Rodrigues, R.R. (Org.). *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP/FAPESP.
- FERREIRA, L. V. & PAROLIN, P. 2007. Tree phenology in central Amazonian floodplain forests: effects of water level fluctuation and precipitation at community and population level. *Pesquisas, Botânica*, 58: 139-156.
- FUNCH, L. S., FUNCH, R. & BARROSO, G. M. 2002. Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Biotropica*, 34: 40-50.
- HILTY, S. L. 1980. Flowering and fruiting periodicity in a premontane rain forest in Pacific Colombia. *Biotropica*, 12: 292-306.
- KINNAIRD, M. F. 1992. Phenology of flowering and fruiting of an East African riverine forest ecosystem. *Biotropica*, 24: 187-194.
- KOSLOWSKI, T. T. 2002. Physiological-ecological impacts of flooding on riparian forest ecosystems. *Wetlands*, 22: 550-561.
- LEITE, P. F. 2002. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. *Ciência & Ambiente*, 24: 51-73.
- LIEBERMAN, D. 1982. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Ecology*, 70: 791-806.
- LIETH, H. & SCHULTZ, G. 1976. Contributions from biometeorological workshops focusing on seasonality. *Journal of Biogeography*, 3: 229-230.
- MARCHIORI, J. N. C. 2002. *Fitogeografia do Rio Grande do Sul: Enfoque histórico e sistemas de classificação*. Porto Alegre: EST.
- MARCHIORETTO, M. A., MAUHS, J. & BUDKE, J. C. 2007. Fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em uma floresta psamófila no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 21: 193-201.
- MARQUES, M. C. M. & OLIVEIRA, P. E. A. M. 2004. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 27: 713-723.
- MARQUES, M. C. M., ROPER, J. J. & SALVALAGGIO, P. B. 2004. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. *Plant Ecology*, 173: 203-213.
- MORELLATO, L. P. C., RODRIGUES, R. R., LEITÃO-FILHO, H. F. & JOLY, C. A. 1989. Estudo fenológico comparativo de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiá, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, 12: 85-98.
- MORELLATO, L. P. C. & LEITÃO-FILHO, H. F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. Pp. 112-140. In: MORELLATO, L. P. C. (Org.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp/FAPESP.
- MORELLATO, L. P. C. 1995. As estações do ano na floresta. Pp. 37-41. In: MORELLATO, L. P. C. & LEITÃO-FILHO, H. F. (Orgs.). *Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana*. Campinas: Editora da Unicamp.
- MORENO, J. A. 1961. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura – Div. Terras e Colonização.
- OPLER, P. A., FRANKIE, G. W. & BAKER, H. G. 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 68: 167-88.
- PAROLIN, P., ARMBRÜSTER, N., WITTMANN, F., FERREIRA, L. V., PIEDADE, M. T. F. & JUNK, W. J. 2002. A review of tree phenology in central Amazonian floodplains. *Pesquisas, Botânica*, 52: 195-222.
- PEDRÃO, I. I. & STRANGHETTI, V. 2001. Considerações sobre a floração e frutificação das espécies arbóreas, arbustivas, herbáceas e lianas de um trecho do Ribeirão Borá, Potirendaba – SP, Brasil. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 22: 215-219.
- PEREIRA, A. R., ANGELOCCI, L. R. & SENTELHAS, P. C. 2002. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda.
- RAGUSA-NETTO, J. 2004. Flowers, fruits and the abundance of the yellow-chevroned parakeet (*Brotogeris chiriri*) at a gallery forest in the south Pantanal (Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 64: 867-877.
- REICH, P. B. 1995. Phenology of tropical forests: patterns, causes and consequences. *Canadian Journal of Botany*, 73: 164-174.

- REICH, P. B., & R. BORCHERT. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 72: 61-74.
- RICHARDS, P. W. 1996. *The Tropical Rain Forest*. Cambridge: Cambridge University Press.
- RIVERA, G. & BORCHERT, R. 2001. Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium specimens. *Tree Physiology*, 21: 201-212.
- RIVERA, G., ELLIOTT, S., CALDAS, L. S., NICOLOSSI, G., CORADIN, V. T. R. & BORCHERT, R. 2002. Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. *Trees*, 16: 445-456.
- RODRIGUES, R. R. 2000. Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. Pp: 91-100. In: Rodrigues, R. R. & Leitão-Filho, H. F. (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP/FAPESP.
- TALORA, D. A. & MORELLATO, L. P. C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 23: 13-26.
- TEIXEIRA, M.B., COURA-NETO, A.B., PASTORE, U. & RANGEL-FILHO, A.L.R. 1986. Vegetação. In: *Levantamento de recursos naturais*. Rio de Janeiro: IBGE.
- VAN DEN BERG, E. & OLIVEIRA-FILHO, A. T. 1999. Spatial partitioning among tree species within an area of tropical montane gallery forest in south-eastern Brazil. *Flora*, 194: 249-266.
- VAN DER PIJL, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. New York: Springer Verlag.
- ZAR, J. H. 1996. *Bioestatistical analysis*. New Jersey: Prentice-Hall.