

Fenologia reprodutiva de *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae) na Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil¹

MARIA CRISTINA MEDEIROS MAZZA^{2,4}, JOSÉ EDUARDO DOS SANTOS³ e CARLOS ALBERTO DA SILVA MAZZA²

(recebido: 13 de maio de 2010; aceito: 24 de novembro de 2011)

ABSTRACT – (Reproductive phenology of *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae) in the Irati National Forest, Paraná, Brazil). The present study investigates the reproductive phenology of a natural population of *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek from the Mixed Ombrophylous Forest (Araucaria Forest). The phenological study was carried out from April 2003 to March 2005, on 78 adult trees. The intensity of phenological events was estimated based on the scale of Fournier. The population showed seasonal behavior. A significant correlation was observed between temperature, day length and flowering. Two floral types were identified, one pistillate and the other staminate, and together with the phenology patterns results a dioecious characteristic for the species is suggested.

Key words - flowering, fruiting, medicinal plants, phenological patterns, natural protected area

RESUMO – (Fenologia reprodutiva de *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae) na Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil). Este trabalho teve como objetivo investigar a fenologia reprodutiva em uma população natural de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek na Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária). O acompanhamento fenológico foi realizado de abril de 2003 a março de 2005, em 78 indivíduos adultos marcados. As intensidades dos eventos floração (antese) e frutificação foram estimadas utilizando a escala de Fournier. A população apresentou comportamento sazonal. As correlações entre temperatura, comprimento do dia e florescimento foram significativas. Dois morfos florais, um pistilado e outro estaminado, foram identificados e, junto com os resultados dos padrões fenológicos, é sugerido o caráter dióico na espécie.

Palavras-chave - floração, frutificação, padrões fenológicos, plantas medicinais, Unidade de Conservação

Introdução

A compreensão do comportamento reprodutivo e dos padrões fenológicos das espécies nos ecossistemas naturais é parte importante dos estudos ecológicos e fundamental para os programas de conservação da biodiversidade (Wilcox 1980, Frankel & Soulé 1981). As estratégias reprodutivas afetam os mecanismos microevolutivos como seleção, fluxo gênico, deriva genética, influenciando a diferenciação das populações. A fenologia trata da ocorrência de eventos biológicos repetitivos, suas causas em relação a fatores bióticos e abióticos e as inter-relações entre as fases caracterizadas por esses eventos, da mesma ou de diferentes espécies (Lieth 1974, Primak 1985, Morellato *et al.* 1989).

Maytenus ilicifolia Mart. ex Reissek (Celastraceae), conhecida popularmente como espinheira-santa, é um

subarbusto, arvoreta ou árvore perenifólia, de distribuição predominantemente subtropical, ocorrendo naturalmente no Brasil (São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), Paraguai, Uruguai e leste da Argentina (Cervi *et al.* 1989, Carvalho-Okano 1992, Carvalho-Okano & Leitão Filho 2004, Carvalho 2006). Ocorre, principalmente, na Floresta Ombrófila Mista, mas também na Floresta Estacional Semidecidual e nas áreas de maiores altitudes da Floresta Ombrófila Densa, em sub-bosques em fase de sucessão secundária tardia ou climácicas (Klein 1968, Galvão *et al.* 1989, Radomski *et al.* 2004). A espécie foi classificada por Rosa (1998) como seletiva higrófila, preferindo solos úmidos em ambientes ciliares. Populações com alta densidade de *M. ilicifolia* têm sido observadas, frequentemente, ocupando pequenas áreas em ambientes de mata ciliar ou de afloramentos de rochas (Klein 1968, ITCF 1985, Cervi *et al.* 1989, Steenbock 2003). Apresenta uma significativa plasticidade ambiental, desenvolvendo-se sobre diversas condições de fertilidade e regime hidromórfico de solos e sob distintos ambiente lumínicos (Radomski & Bull 2010).

A espécie apresenta uso medicinal consagrado por comunidades indígenas e rurais da sua área de ocorrência, como analgésica, anti-úlceras, anti-tumor, afrodisíaca, contraceptiva e cicatrizante (Simões *et al.* 1988, Alonso

1. Parte da tese de doutorado da primeira autora, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, SP, Brasil.
2. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, Caixa Postal 319, 83411-000 Colombo, PR, Brasil.
3. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Caixa Postal 676, 13565-905 São Carlos, SP, Brasil.
4. Autor para correspondência: cristina@cnpf.embrapa.br

1998). A partir de 1988, as propriedades medicinais de *M. ilicifolia* foram comprovadas no tratamento de distúrbios gastrointestinais, especialmente gastrite e úlceras (Carlini 1988), por pesquisas coordenadas pela extinta Central de Medicamentos (Ceme) do Ministério da Saúde, o que contribuiu para ampliar a sua utilização em nível nacional e internacional. Em 2009, *M. ilicifolia* foi incluída na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (Rennis). A expansão do mercado de plantas medicinais vem causando uma descontrolada devastação das populações das espécies de interesse em ambientes naturais, uma vez que a exploração é, na maioria dos casos, baseada quase que exclusivamente no extrativismo.

Embora, no Paraná, os plantios de *M. ilicifolia* venham aumentando nos últimos anos, atualmente, a espécie se encontra nas listas da flora ameaçada de extinção dos estados de São Paulo, na categoria “presumivelmente extinta” (São Paulo 2004), e do Paraná, na categoria “rara” (Paraná 1995), sendo considerada prioritária para ações de conservação e manejo sustentável por vários especialistas no assunto, segundo Vieira *et al.* (2002).

As unidades de conservação assumem papel fundamental na conservação dos ecossistemas, comunidades e espécies, mas, ainda hoje, no Brasil, a composição e a magnitude da biodiversidade nas áreas protegidas são pouco conhecidas. Em termos de espécies medicinais, existem poucos trabalhos sistemáticos de levantamentos, estudos sobre características ecológicas e aspectos da biologia reprodutiva de populações (Ming *et al.* 2003, Hamilton 2004). O presente estudo avalia aspectos da fenologia reprodutiva de *Maytenus ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati, visando subsidiar a conservação e o uso sustentável da espécie.

Material e métodos

Este trabalho foi realizado na Floresta Nacional de Irati (Flona de Irati), Unidade de Conservação Federal de Utilização Sustentável, situada nos municípios de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares, nas coordenadas 25°21' S e 50°35' O (Mazza *et al.* 2004), na bacia hidrográfica do Rio Tibagi, Bioma Mata Atlântica, no domínio da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) (Galvão *et al.* 1989).

O acompanhamento fenológico em *M. ilicifolia* foi realizado em censos mensais nos períodos compreendidos entre abril de 2003 a março de 2004 (primeiro período) e entre abril de 2004 e março de 2005 (segundo período), em 78 indivíduos com diâmetro à altura do peito maior ou igual a 1,5cm (adultos), identificados com plaquetas metálicas numeradas, localizados na Flona de Irati. As fenofases observadas foram (Morellato *et al.* 1989):

floração – emissão de botões e presença de flores em antese (flores abertas); frutificação – presença de frutos imaturos e maduros; brotamento – aparecimento de brotos foliares até a expansão de folhas novas; e queda foliar – perda de folhas. Para a quantificação da floração e frutificação individual em cada censo foi adotada a escala proposta por Fournier (1974), composta por cinco categorias: 0 = ausência do evento fenológico; 1 = presença do evento fenológico na magnitude entre 1% e 25%; 2 = presença do evento fenológico na magnitude entre 26% e 50%; 3 = presença do evento fenológico na magnitude entre 51% e 75%; e 4 = presença do evento fenológico na magnitude entre 76% e 100%.

As flores de cada indivíduo foram observadas e morfotipadas, *in loco*, com o auxílio de uma lupa de aumento 10 ×. A quantidade de frutos produzidos não foi avaliada no primeiro período. Para o segundo período, essa avaliação foi realizada em novembro de 2004, por meio da contagem direta de todos os frutos presentes nos 78 indivíduos monitorados.

Dados climáticos (valores diários das temperaturas máxima, média e mínima, da precipitação e da umidade do ar), referentes aos períodos histórico (de abril de 1963 a março de 2005) e de estudo (abril de 2003 a março de 2005), foram registrados na Estação de Fernandes Pinheiro e cedidos pelo Instituto Tecnológico Simepar.

O percentual de indivíduos em uma determinada fenofase foi calculado mensalmente, utilizando dados de presença (1) e ausência (0) da fenofase em relação ao número total de indivíduos na amostra (N). A percentagem de indivíduos em uma determinada fenofase, ou Índice de Atividade, permite avaliar a sincronia entre os indivíduos de uma população uma vez que quanto maior o número de indivíduos manifestando a mesma fenofase no mesmo intervalo de tempo, maior é a sincronia dessa população (Morellato *et al.* 1990, Bencke & Morellato 2002).

O Índice de Intensidade de Fournier (Índice de Fournier) fornece estimativa da abundância de flores e frutos produzidos (Bencke & Morellato 2002). O percentual de intensidade de Fournier foi calculado mensalmente por meio do somatório dos valores individuais das categorias de intensidade de todos os indivíduos em cada fenofase (floração e frutificação) dividido pelo valor máximo possível (número total de indivíduos multiplicado por quatro), de acordo com a fórmula (Fournier 1974): $[(\sum \text{Fournier}) \cdot (4N)^{-1}] \cdot 100$.

Análise de correlação, por meio do coeficiente de correlação de Spearman (r_s) (Zar 1999), foi utilizada para testar as relações entre a frequência de ocorrência das fenofases e algumas variáveis climáticas: precipitação mensal, temperaturas absolutas máximas e mínimas, e comprimento do dia. As fenofases foram ainda relacionadas com as variáveis climáticas dos meses anteriores, considerando-se desde o mês corrente do evento até dois meses anteriores. A significância dos coeficientes de correlação de Spearman estimados foi verificada de acordo com Zar (1999). O programa R, versão 2.9.2 (R Development Core Team 2009) foi empregado nas estimativas das correlações e nos testes de hipótese.

Resultados

Na análise dos dados meteorológicos históricos (1963 a 2005) observa-se uma média de 1.581,1 mm e desvio padrão de 304,7 mm, para a precipitação acumulada de doze meses, considerada de abril a março. Para o mesmo período, a média anual das temperaturas máximas foi de 23,9 °C (desvio padrão de 0,54 °C), das temperaturas médias de 17,3 °C (desvio padrão de 0,59 °C) e das temperaturas mínimas de 12,8 °C (desvio padrão de 0,71 °C), enquanto a média anual para a umidade relativa do ar manteve-se em 80,94% (desvio padrão de 2,36%).

A análise dos dados históricos evidenciou a ocorrência de duas estações, uma fria, de maio a agosto, e outra estação quente, de outubro a março (figura 1A). Abril é o mês de transição da estação quente para a fria, registrando-se temperaturas mais amenas em relação aos outros meses do período quente. Setembro é o mês de transição do período frio para o quente, quando as temperaturas começam a se elevar, refletido nos valores mais elevados das médias mensais das temperaturas avaliadas, em relação aos demais meses do período frio (figura 1A).

A estação fria caracteriza-se por apresentar temperaturas médias mensais inferiores a 15 °C (média igual a 13,9 °C) e temperaturas mínimas mensais abaixo de 11 °C (figura 1A). Neste período, foram registradas mínimas absolutas abaixo de 0 °C, principalmente, nos meses de julho e agosto. As médias mensais da precipitação acumulada mantiveram-se próximas a 100,0 mm, em todos os meses, à exceção de agosto. Maio foi o mês mais chuvoso da estação fria, com média de 123,3 mm de precipitação acumulada. Agosto caracterizou-se como o mês mais seco, apresentando valor médio de 81,5 mm na precipitação mensal acumulada (figura 1A), alcançando valores absolutos abaixo de 10,0 mm em alguns anos. A estação quente caracteriza-se por apresentar temperaturas médias mensais abaixo ou igual a 21 °C, valor alcançado somente em janeiro e fevereiro, meses considerados como os mais quentes do ano, quando as temperaturas máximas absolutas podem chegar a mais de 30 °C. Esta estação corresponde, também, às chuvas mais intensas, que se concentram em outubro e entre dezembro a fevereiro (figura 1A).

Utilizando esses dados, o tipo de clima para a localidade de Fernandes Pinheiro, segundo a classificação climática de Köppen, simplificada por Setzer (1966) e descrita em Rolim *et al.* (2007), enquadra-se no tipo Cfb – Subtropical Úmido (Mesotérmico), com temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C e do mês

mais frio inferior a 18 °C e total de chuva do mês mais seco maior ou igual a 30 mm, sem estação seca, verão brando e geadas severas frequentes.

A análise dos dados meteorológicos relativos ao período de estudo (2003 a 2005) mostrou que as médias anuais de temperatura máxima, média e mínima

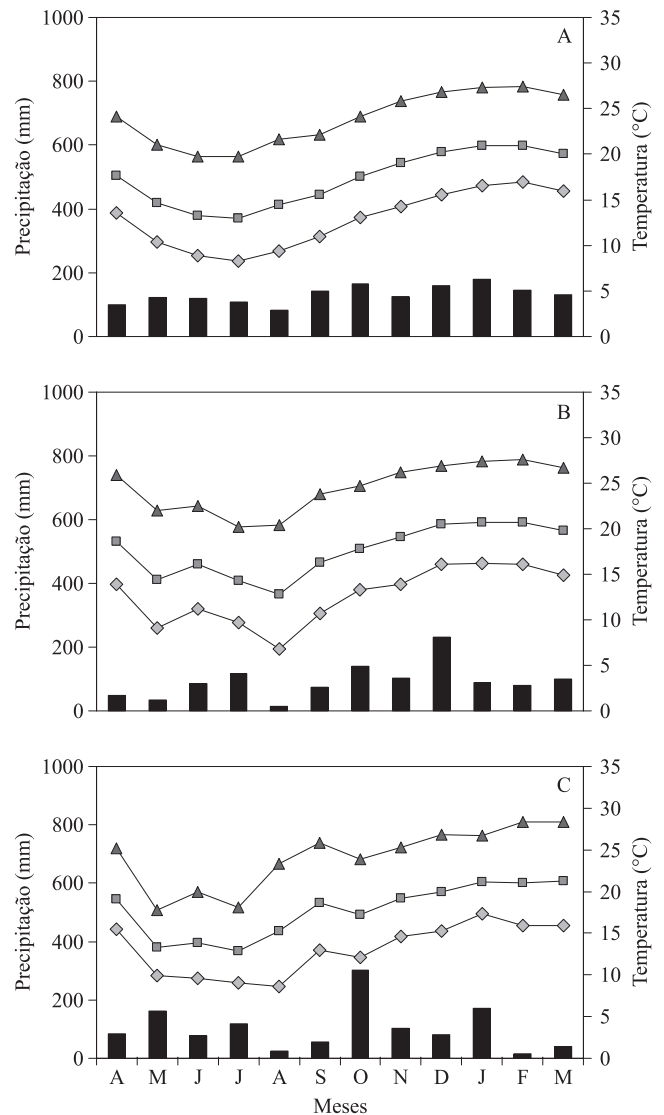


Figura 1. Climatograma da Estação Meteorológica de Fernandes Pinheiro, Paraná, Brasil. A. Dados históricos (abril de 1963 a março de 2005). B. Dados do período de estudo (abril de 2003 a março de 2004). C. Dados do período de estudo (abril de 2004 a março de 2005). (Temperaturas: ▲ = máxima; ■ = média; ◆ = mínima; Precipitação acumulada (barras)).

Figure 1. Climatic diagram from Weather Station of Fernandes Pinheiro, Parana State, Brazil. A. Historical data (April 1963 to March 2005); B. Data of the study period (April 2003 to March 2004); C. Data of the study period (April 2004 to March 2005). (Temperature: ▲ = maximum, ■ = mean; ◆ = minimum; total rainfall (columns)).

mantiveram-se muito próximas das médias históricas (figura 1), registrando-se mínimas absolutas abaixo de zero grau Celsius, em agosto dos dois períodos avaliados (2003/2004 e 2004/2005). Comparativamente às médias dos 42 anos, os dois períodos de estudo foram mais secos, apresentando precipitação anual acumulada de 1.115,4 mm, para o primeiro, e de 1.237,6 mm para o segundo.

No período de estudo, observou-se um padrão semelhante aos dados históricos (figura 1): duas estações, uma fria, de maio a agosto, mostrando registros das médias mensais das temperaturas médias abaixo de 16,1 °C, e outra quente, de outubro a março, com valores abaixo de 21,3 °C. Semelhante ao observado nos dados históricos, abril e setembro se configurou como meses de transição, mostrando valores intermediários nas temperaturas para o primeiro período (figura 1B). Entretanto, no segundo período observou-se uma antecipação da elevação da temperatura máxima a partir de agosto, comportando-se como mês de transição, e setembro como início da estação quente (figura 1C), ocorrendo uma redução do período de frio. Agosto caracterizou-se como o mês mais seco, em ambos os períodos, registrando precipitação mensal de 15 mm no primeiro e 25 mm no segundo

período. Da mesma forma, os meses entre outubro a janeiro, em ambos os períodos, concentraram mais de 50% da precipitação total anual, caracterizando o período chuvoso, com picos de precipitação em dezembro e outubro, respectivamente, para o primeiro e segundo períodos. Nos dois períodos avaliados, o menor comprimento do dia ocorreu em junho, em torno de 10 horas e o maior, em dezembro com registros acima de 13 horas de duração.

Dos 78 indivíduos avaliados, sete (8,9%) não floresceram nos dois períodos de estudo e oito (10,3%) floresceram somente em uma das estações. Nos 63 indivíduos (80,8%) que floresceram nos dois períodos, foram observados dois tipos florais distintos: Tipo floral (1) – flor branco-esverdeada, medindo em torno de 4,5 mm, com estames horizontalizados, anteras castanhas, com pouco ou nenhum grão de pólen, estilete pronunciado, ovário bem visível em formato oval (figura 2A); Tipo floral (2) – flor branco-esverdeada, medindo aproximadamente 6,5 mm, com estames verticalizados, estilete curto, ovário ínfero ou semi-ínfero e anteras de coloração amarelo-forte, com grãos de pólen em abundância, visíveis a olho nu (figura 2B). Observou-se que 28 indivíduos (44,4%) apresentaram todas as suas

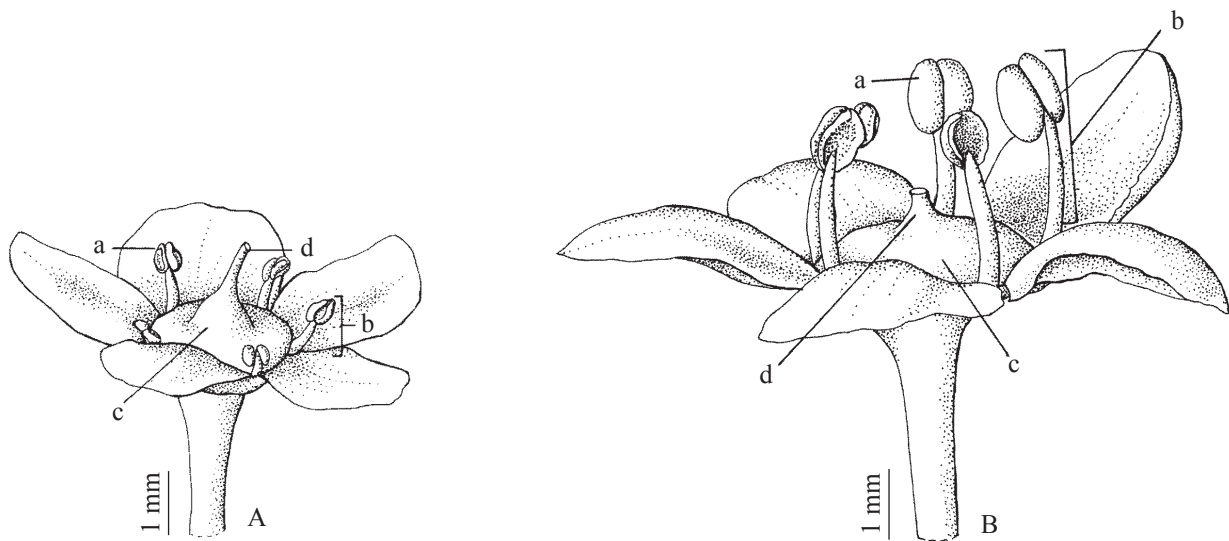


Figura 2. Tipos florais observados em *Maytenus ilicifolia*, na Floresta Nacional de Irati, Fernandes Pinheiro, Paraná A. Tipo floral (1) – flor branco-esverdeada, medindo em torno de 4,5 mm, com estames horizontalizados, anteras castanhas, pouco ou nenhum grão de pólen, estilete longo, ovário bem visível em formato oval. B. Tipo floral (2) – flor branco-esverdeada, medindo cerca de 6,5 mm, com estames verticalizados, estilete curto, ovário ínfero ou semi-ínfero e anteras de coloração amarela-forte, com presença de grãos de pólen. (a = antera; b = estame; c = ovário; d = estilete).

Figure 2. Floral types observed in *Maytenus ilicifolia*, at Irati National Forest, Parana State, Brazil. A. Floral type (1) – white-green flower, measuring about 4.5 mm, horizontal stamens, brown anthers, few or no pollen grains, long style clearly visible in oval ovary. Floral type (2) – greenish-white flower, measuring about 6.5 mm, uprighted stamens, short styles, semi-inferior or inferior ovary and strong yellow-colored anthers, with the presence of pollen grains (B). (a = anthers; b = stamen; c = ovary; d = style).

flores com características do tipo floral (1) enquanto 35 indivíduos (55,6%) exibiram flores somente do tipo floral (2), mantendo-se, portanto, na proporção 1:1 ($\chi^2_{1,0,5} = 0,78$; $P < 0,001$). Cada indivíduo exibiu o mesmo tipo floral nos dois períodos avaliados.

Os resultados da avaliação fenológica, realizada na população natural de *Maytenus ilicifolia* na Flona de Irati, referente aos índices de atividade das fenofases brotamento, botão, antese e frutificação, encontram-se na figura 3A, enquanto os relativos aos índices de Fournier para antese e frutificação são apresentados na figura 3B. O brotamento ocorreu na estação quente, de outubro a novembro no primeiro e de agosto a outubro no segundo período do estudo, neste último acompanhando a antecipação da elevação da temperatura máxima. Não se observou queda de folhas concentrada e perceptível nos dois períodos avaliados. A emissão de botões florais iniciou na estação fria, em julho, e mostrou um incremento acentuado em agosto (figura 3A), atingindo

atividade máxima no mês de transição, em setembro de 2003 (85,9%) e 2004 (84,3%). A antese iniciou no final da estação fria, em agosto, alcançando máximas atividade e intensidade em outubro do primeiro período (82,1% e 46,2%) no início da estação quente. No segundo período, entretanto, a atividade máxima (84,6%) ocorreu em outubro, enquanto a máxima intensidade (39,4%) foi registrada em setembro, acompanhando a antecipação na elevação da temperatura máxima neste ano. A espécie apresentou frutificação na estação quente, de outubro a fevereiro, em 2004 e 2005. A frutificação, nos dois períodos de estudo, atingiu o máximo de atividade em novembro/dezembro de 2004 (41%) e 2005 (39,7%) e o máximo de intensidade em dezembro/2004 (17,3%) e em novembro/dezembro/2005 (13,5%). Os frutos imaturos, de coloração verde até alaranjada, ocorreram de outubro a dezembro, no primeiro, e de outubro a novembro, no segundo período de estudo. Os frutos se apresentaram maduros, de coloração vermelha intensa e exposição gradual do arilo, a partir de janeiro/2004 e de dezembro de 2005, observando-se neste último uma antecipação no amadurecimento em relação ao primeiro período.

O índice de correlação de Spearman apontou uma correlação positiva significativa entre ocorrência de botões florais e a temperatura máxima absoluta do mês corrente ($r_s = 0,89$; $P < 0,05$) e o comprimento do dia do mês anterior ($r_s = 0,87$; $P < 0,05$). Obteve-se correlação positiva significativa entre a antese e os seguintes fatores abióticos: precipitação do mês corrente ($r_s = 0,89$; $P < 0,05$), temperatura máxima do mês anterior ($r_s = 1,00$; $P < 0,01$), comprimento do dia do mês corrente ($r_s = 0,94$; $P < 0,05$), comprimento do dia do mês anterior ($r_s = 0,94$; $P < 0,05$) e comprimento do dia de dois meses anteriores ao evento ($r_s = 0,99$; $P < 0,01$). O teste de correlação de Spearman não foi significativo entre ocorrência de frutos maduros e as variáveis do clima. O índice de correlação foi positivo e altamente significativo entre ocorrência de frutos imaturos e a precipitação de dois meses anteriores ao evento ($r_s = 0,97$; $P < 0,01$).

Considerando os tipos florais, isoladamente, a avaliação fenológica dos 28 indivíduos do tipo floral (1) (figura 2A) revelou presença de botões florais desde julho, com máxima atividade em setembro/2003 (96,4%) e de 2004 (100%) (figuras 4A e 4B). A antese iniciou em setembro e o máximo de atividade ocorreu no mês de outubro nos dois períodos de estudo, quando 100% dos indivíduos se encontravam com as flores abertas. No mesmo mês se observou o pico de intensidade da antese, tanto em 2003 (42,9%) como em 2004 (40,2%).

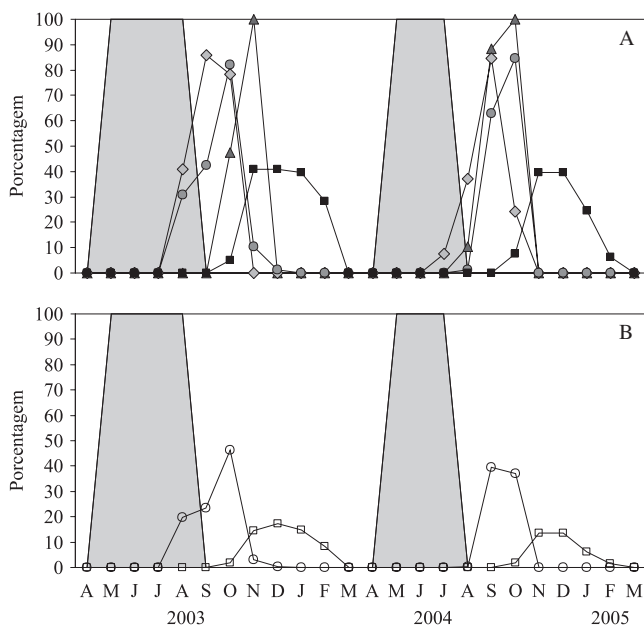


Figura 3. Fenologia em *Maytenus ilicifolia*, no período de abril de 2003 a março de 2005 ($n = 63$), na Floresta Nacional de Irati, Fernandes Pinheiro, Paraná. A. Índice de atividade para brotamento (●); floração – botão (◆) e antese (■); e frutificação (▲). B. Índice de Fournier para antese (■); e frutificação (▲). Área em cinza = período frio.

Figure 3. Phenology of *Maytenus ilicifolia* from April, 2003, to March, 2005 ($n = 63$), at Irati National Forest, Fernandes Pinheiro, Parana State, Brazil. A. Activity index for leaf flushing (●); flowering – floral buds (◆), anthesis (■); and fruiting (▲). B. Fournier's Index for anthesis (■); and fruiting (▲). Gray area = cold period.

A frutificação iniciou em outubro, apresentando picos de atividade em novembro/dezembro de 2003 (92,9%) e de 2004 (85,7%). A frutificação mostrou máxima intensidade em dezembro de 2003 (42,9%) e em novembro/dezembro de 2004 (32,1%). Os frutos

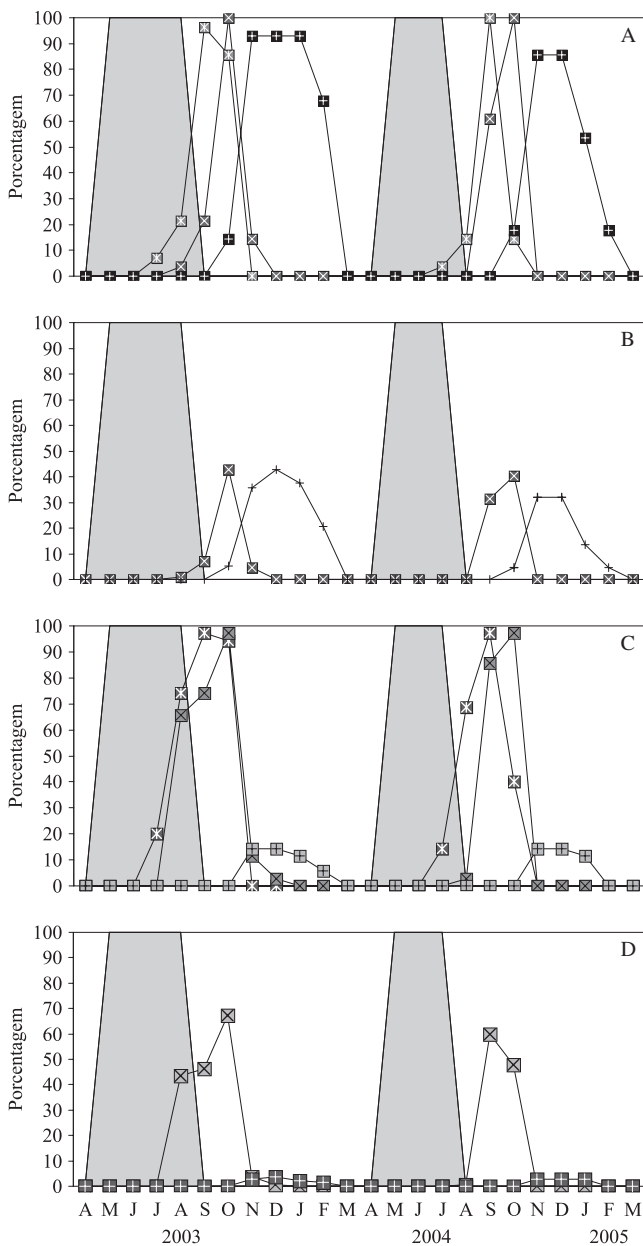


Figura 4. Fenologia em *Maytenus ilicifolia* para os tipos florais, no período de abril de 2003 a março de 2005, na Floresta Nacional de Irati, Fernandes Pinheiro, Paraná. Tipo floral (1) ($n = 28$). A. Índice de atividade para floração, incluindo botão (\diamond) e antese (\blacksquare); e frutificação (\blacktriangle). B. Índice de Fournier para antese (\blacksquare) e frutificação (\blacktriangle). Tipo floral (2) ($n = 35$). C. Índice de atividade para floração, incluindo botão floral (\diamond), antese (\blacksquare) e frutificação (\blacktriangle). D. Índice de Fournier para antese (\blacksquare) e frutificação (\blacktriangle). Área em cinza = período frio.

imaturos, de coloração verde em outubro passaram a alaranjada em dezembro/2003 e em novembro/2004. A partir de janeiro/2004 e de dezembro/2004, os frutos tornaram-se maduros, mostrando coloração vermelha e arilo exposto. Nos indivíduos com este tipo floral, a produção média de frutos por indivíduo foi de 44,95 unidades, com valor máximo de 331 frutos.

A fenologia dos 35 indivíduos com tipo floral (2) (figura 2B) revelou a presença de botão desde julho, mostrando atividade máxima em setembro de 2003 e de 2004 (97,1%) (figuras 4C e 4D). A antese iniciou em agosto, apresentando pico de atividade (97,1%) em outubro, nos dois períodos avaliados (figura 4C), revelando uma alta intensidade no mesmo mês, tanto em 2003 (67,1%) como em 2004 (60,0%) (figura 4D). Apesar da intensa antese neste tipo floral, na maioria dos casos, as flores secaram sem formação de frutos. A presença de frutos foi registrada em somente 14,3% dos indivíduos com este tipo floral (figura 4C), com intensidades de frutificação máximas estimadas em 3,6% e 2,9%, respectivamente, no primeiro e segundo período (figura 4D). A quantidade individual de frutos variou de um até quatro, com média de 1,75 frutos por indivíduo em produção.

Discussão

O ciclo reprodutivo de *M. ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati ocorreu de julho a fevereiro, nos dois períodos considerados, mostrando o comportamento sazonal, anual e regular da espécie. A espécie apresentou hábito sempre verde. O crescimento vegetativo variou quanto à duração e época nos dois períodos avaliados e coincidiu com o período de florescimento. Marques *et al.* (2004) também observaram sobreposição destas duas fenofases em várias espécies de arbustos da Floresta Ombrófila Mista. Este padrão foi encontrado, também, em populações de *Maytenus senegalensis* L. (Pérez-Latorre *et al.* 2010), arbusto da Península Ibérica, podendo implicar numa competição sazonal de recursos entre as fenofases reprodutivas e vegetativas (Castro-

Figure 4. Phenology of *Maytenus ilicifolia*, for floral types, from April, 2003, to March, 2005, at Irati National Forest, Fernandes Pinheiro, Parana State, Brazil. Floral type (1) ($n = 28$). A. Flowering Activity Index, including floral buds (\diamond) anthesis (\blacksquare); and fruiting (\blacktriangle). B. Fournier's Index for anthesis (\blacksquare) and fruiting (\blacktriangle). Floral type (2) ($n = 35$). C. Flowering Activity Index, including floral buds (\diamond) anthesis (\blacksquare); and fruiting (\blacktriangle). D. Fournier's Index for anthesis (\blacksquare) and fruiting (\blacktriangle). Gray area = cold period.

Diéz *et al.* 2003) que pode refletir nas estratégias da espécie frente à alternância de períodos favoráveis e desfavoráveis de distribuição de recursos.

A duração do florescimento variou entre os anos, apresentando-se com menor duração no segundo ano de observação. Neste, as temperaturas mais elevadas, em relação ao ano anterior, registradas a partir de agosto, associadas a uma queda brusca na temperatura em outubro de 2004, podem ter contribuído para acelerar o processo de florescimento e a consequente antecipação da frutificação. A queda brusca de temperatura tem sido considerada como um dos fatores importantes na iniciação, duração e sincronização da floração (Opler *et al.* 1976, Morellato *et al.* 1989). Avaliando o padrão fenotípico de 37 espécies de plantas de quatro formas de vida (árvores, arbustos, lianas e epífitas), Marques *et al.* (2004) constataram que, na Floresta Ombrófila Mista, o florescimento concentra-se nos meses de setembro e outubro, coincidindo com o padrão observado para *M. ilicifolia* no presente trabalho. Estes resultados estão coerentes, também, com os descritos na literatura para florestas tropicais sazonais, onde o florescimento ocorre, frequentemente, na transição entre os períodos mais seco para o mais úmido (Tallora & Morellato 2000, Morellato 2003), que na Floresta Ombrófila Mista configura-se entre o mais frio e o mais quente, com aumento da precipitação, fotoperíodo e temperatura.

O padrão de frutificação observado em *M. ilicifolia* neste estudo é coerente com o descrito por Liebisch & Mikich (2009) para espécies zoocóricas da Floresta Ombrófila Mista, correspondendo, segundo os autores, a um período de grande demanda de recursos alimentares por espécies frugívoras, principalmente aves. Em adição, a dispersão da espécie no período mais quente e úmido pode estar favorecendo o desenvolvimento das plântulas durante os meses que antecedem a ocorrência de geadas severas. O ingresso de plântulas de *M. ilicifolia* foi observado em fevereiro/março de 2005, decorrente da germinação das sementes dispersadas em dezembro/2004, na Flona de Irati (M.C.M. Mazza, dados não publicados). Esta estratégia pode ser um fator importante na sobrevivência das plântulas e na manutenção da viabilidade das populações naturais de *M. ilicifolia*. Estes resultados são coerentes com os relatados por Bazzaz (1991) para locais com estação seca amena, onde as plantas tendem a frutificar e se dispersar no final da estação chuvosa, favorecendo a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas.

Marques *et al.* (2004), ao estudarem os padrões fenológicos em quatro formas de vidas de plantas

(epífitas, lianas, arbustos e árvores) em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no Paraná, concluíram que todas as fases fenológicas foram associadas ao comprimento do dia e à temperatura. Liebisch & Mikich (2009), no mesmo tipo de formação florestal, encontraram uma forte correlação entre a sazonalidade da floração e a temperatura, apontando as baixas temperaturas e a ocorrência de geadas como fatores limitantes, e, também, associação entre frutos imaturos e comprimento do dia e entre frutos maduros e temperatura, para espécies zoocóricas. Por outro lado, em ambos os estudos, a precipitação não se apresentou como um fator relevante para a fenologia reprodutiva das espécies avaliadas. Os resultados obtidos no presente estudo concordam parcialmente com esses autores, ao mostrar que temperatura e comprimento do dia são fatores abióticos importantes para o início do período reprodutivo (botão floral e antese) e, divergem fortemente, ao revelar a precipitação como um fator importante para a antese e o início da frutificação (fruto imaturo) em *M. ilicifolia*.

No gênero *Maytenus*, as flores apresentam os dois verticilos reprodutivos, androceu e gineceu, sendo aparentemente monoclinas (Carvalho-Okano 1992). Em função de diferenças estruturais, na literatura, alguns estudos têm observado dois tipos florais distintos em *M. ilicifolia*. Carvalho-Okano (1992) e Carvalho-Okano & Leitão Filho (2004) observaram, na espécie, algumas flores com ovário saliente, estames praticamente sésseis, adpressos na parede ovariana, indicando flores funcionalmente pistiladas, e outras flores portadoras de um ovário completamente ínfero, sugerindo flores funcionalmente estaminadas. Da mesma forma, Steenbock (2003), estudando duas populações naturais no município de Guarapuava, Paraná, observou dois tipos florais distintos: um deles mostrando estames horizontalizados e demais características semelhantes ao tipo floral (1) aqui descrito, e outro apresentando estames verticalizados e diversas características comparáveis às descritas no tipo floral (2) observado para *M. ilicifolia* no presente estudo.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, constatou-se que as flores do tipo (1), pistiladas, produziram frutos em abundância, comportando-se como funcionalmente femininas e as do tipo (2), estaminadas, abundantes em grãos de pólen, comportam-se como funcionalmente masculinas, confirmando os relatos da literatura para a espécie (Carvalho-Okano 1992, Steenbock 2003). A existência de comportamento funcional de flores diclinas é corroborada pelas elevadas taxas de cruzamento estimadas para *M. ilicifolia*,

em estudos utilizando marcadores isoenzimáticos, indicando que é uma espécie alógama (Scheffer 2001, Steenbock 2003, Steenbock & Reis 2004). Flores de outras espécies do gênero *Maytenus* têm sido descritas, na literatura, como bissexuais ou funcionalmente unissexuais (Brizicky 1964, Sebsebe 1985). Os morfotipos pistilados e estaminados de *M. ilicifolia* podem ser fenotipicamente reconhecidos pelo comprimento das inflorescências, que são menores em flores pistiladas, pela posição dos estames e coloração das anteras, vertical e amarelo-forte nas estaminadas e pela posição dos ovários, súperos e bem visíveis nas pistiladas.

Os resultados obtidos neste estudo confirmam os dados de literatura (Carvalho-Okano 1992, Steenbock 2003, Steenbock & Reis 2004) de uma direção evolutiva para a unissexualidade das flores e, até mesmo, dos indivíduos, corroborando para o reconhecimento do dimorfismo sexual funcional da espécie e da ocorrência do fenômeno de dioicia em *M. ilicifolia*. A dioicia tem sido interpretada como mecanismo para aumentar a variabilidade genética e reduzir a depressão endogâmica na população (Charlesworth & Charlesworth 1978) ou, do ponto de vista ecológico, para otimizar a alocação de recursos para a reprodução, em que os indivíduos masculinos estariam investindo na dispersão do pólen e os femininos na produção de frutos (Janzen 1977, Bawa 1980, Fuzeto *et al.* 2001).

A presença de dois morfotipos florais na população de *M. ilicifolia* e um único tipo floral por planta, observado neste estudo, é coerente com os relatos de Steenbock (2003), para uma população de *M. ilicifolia* localizada sobre afloramentos rochosos com restrição edáfica e hídrica. Entretanto, o mesmo autor observou, em locais com solos férteis, a presença dos dois tipos florais na mesma planta, o que não foi observado neste estudo. Esses resultados sugerem que a presença de tipos florais distintos em indivíduos diferentes pode estar associada a ambientes com limitações severas, tanto por estresse hídrico, em ambientes inundáveis, conforme descrito neste estudo, como por restrições edáficas, em afloramentos rochosos, segundo observado por Steenbock (2003).

A baixa produção de frutos por um reduzido número de indivíduos com flores do tipo (2), pode justificar o reduzido número de frutos para a espécie, conforme evidenciado neste trabalho, quando se analisa a população como um todo, apesar do grande número de flores produzidas por planta. A formação de frutos a partir de flores aparentemente do tipo (2) pode ser devido à existência, em baixa frequência, de um tipo

floral descrito por Carvalho-Okano (1992), com estilete e posição do ovário intermediário aos dois tipos florais. Essas formas sexuais intermediárias observadas em *M. ilicifolia*, a exemplo do que acontece em outras espécies (Bawa 1980, Fuzeto *et al.* 2001), indica que o processo de evolução da dioicia pode não estar completo em *M. ilicifolia*. Ainda que estas variações na expressão sexual de *M. ilicifolia* aconteçam, elas são esporádicas e os frutos por elas originados parecem produzir somente sementes inviáveis, não representando empecilho à distinção funcional entre morfotipos.

Agradecimentos – Ao Prof. Dr. Felisberto Cavalheiro *in memoriam*, pela orientação inicial; a Irineu Olinisky e Wilson Maschio, pelo auxílio nos trabalhos de campo; a Edenice B. Ávila de Souza, Analista Ambiental do ICMBio, pelo apoio na condução da pesquisa na Flona de Irati; ao CNPq e à Embrapa, pelos recursos financeiros; ao ICMBio, pela disponibilidade da estrutura da Flona de Irati.

Referências bibliográficas

- ALONSO, J. 1998. Tratado de fitomedicina – bases clínicas y farmacológicas. Isis, Buenos Aires.
- BAZZAZ, F.A. 1991. Regeneration of tropical forests: physiological responses of pioneer and secondary species. *In* Rain forest regeneration and management (A. Gómez-Pompa, T.C. Whitmore & M. Hadley, eds.). Unesco/The Parthenon Publishing Group, Paris. p.91-118. (Man and the biosphere series, v.6).
- BENCKE, C.S.C. & MORELLATO, L.P.C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica* 25:269-275.
- BRIZICKY, G.K. 1964. The genera of Celastrales in the Southeastern United States. *Journal Arnold Arboretum Harvard University* 45:206-234.
- CARLINI, E.A. (coord.). 1988. Estudo da ação antiúlcera gástrica de plantas brasileiras: *Maytenus ilicifolia* (Espinheira-santa) e outras. Central de Medicamentos/AFIP, Brasília.
- CARVALHO, P.E.R. 2006. Espécies arbóreas brasileiras. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília/Embrapa Florestas, Colombo, p.229-235.
- CARVALHO-OKANO, R.M. 1992. Estudos taxonômicos do gênero *Maytenus* Mol. emend. Mol. (Celastraceae) do Brasil extra-amazônico. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CARVALHO-OKANO, R.M. & LEITÃO FILHO, H.F.G. 2004. O gênero *Maytenus* Mol. emend. Mol. (Celastraceae) no Brasil extra-amazônico. *In* Conservação e uso sustentável de plantas medicinais e aromáticas: *Maytenus* spp. Espinheira Santa (M.S Reis & S.R. Silva, org.). Ibama, Brasília, p.11-51.

- CASTRO-DÍEZ, P., MONTSERRAT-MARTÍ, G. & CORNELISSEN, J.H.C. 2003. Trade-offs between phenology, relative growth rate, life form and seed mass among 22 Mediterranean woody species. *Plant Ecology* 166:117-129.
- CERVI, A.C., PACIORNIK, E.F., VIEIRA, R.F. & MARQUES, L.C. 1989. Espécies vegetais de um remanescente de floresta de araucária (Curitiba, Brasil): Estudo preliminar I. *Acta Biológica Paranaense* 18: 73-114.
- CHARLESWORTH, B. & CHARLESWORTH, D. 1978. A model for the evolution of dioecy and gynodioecy. *The American Naturalist* 112:975-997.
- FOURNIER, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24:422-423.
- FRANKEL, O.H. & SOULÉ, N.E. 1981. Conservation and evolution. Cambridge University Press, Cambridge.
- FUZETO, A.P., BARBOSA, A.A.A. & LOMÔNACO, C. 2001. *Cabralea canjerana* subsp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (Meliaceae), uma espécie dióica. *Acta Botanica Brasilica* 15:167-175.
- GALVÃO, F., KUNIYOSHI, Y.S. & RODERJAN, C.V. 1989. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati-PR. *Floresta* 19:30-49.
- HAMILTON, A.C. 2004. Medicinal plants, conservation and livelihoods. *Biodiversity and Conservation* 13: 1477-1517.
- ITCF. 1985. Plano de manejo: Parque Estadual de Caxambu, Castro, PR. Instituto de Terras, Cartografia e Florestas, Curitiba.
- JANZEN, D.H. 1977. A note on optimal mate selection by plants. *The American Naturalist* 111:365-371.
- KLEIN, R.M. 1968. Árvores nativas da Mata Pluvial da costa atlântica de Santa Catarina. *In* Anais do Congresso Florestal Brasileiro – contribuições e trabalhos apresentados e pareceres das comissões. p.65-103.
- LIEBSCH, D. & MIKICH, S.B. 2009. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira Botânica* 32:375-391.
- LIETH, H. 1974. Introduction to phenology and modeling of seasonality. *In* Phenology and seasonality modeling (H. Lieth, ed.). Springer Verlag, Berlin, p.3-19.
- MARQUES, M.C.M., ROPER, J.J. & SALVALAGGIO, A.P.B. 2004. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. *Plant Ecology* 173:203-213.
- MAZZA, C.A.S., MAZZA, M.C.M. & SANTOS, J.E. 2004. Caracterização ambiental da paisagem da Microrregião Colonial de Irati, PR. *In* Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção (J.E. dos Santos, F. Cavalheiro, J.S.R. Pires, C. Henke-Oliveira & A.M.Z.C.R. Pires, org.). Editora RiMa/Fapesp, São Carlos, v.2, p.409-424.
- MING, L.C., SILVA, S.M.P., SILVA, M.A.S., HIDALGO, A.F., MARCHESE, J.A. & CHAVES, F.C.M. 2003. Manejo e cultivo de plantas medicinais: algumas reflexões sobre as perspectivas e necessidades no Brasil. *In* Diversos olhares em Etnobiologia, Etnoecologia e Plantas Medicinais. (M.F.B. Coelho, P. Costa Júnior & J.L.D. Dpmbroski, org.). Unicen Publicações, Cuiabá, v.1, p.149-156.
- MORELLATO, L.P.C. 2003. Phenological data, networks, and research: South America. *In* Phenology: an integrative environmental science (M.D. Schwartz, org.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p.75-92.
- MORELLATO, L.P.C., RODRIGUES, R.R., LEITÃO FILHO, H.F. & JOLY, C.A. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 12:85-98.
- MORELLATO, L.P.C., LEITÃO FILHO, H.F., RODRIGUES, R.R. & JOLY, C.A. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* 50:149-162.
- OPLER, P.A., FRANKIE, G.M. & BAKER, H.G. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography* 3:231-236.
- PARANÁ. 1995. Lista vermelha de plantas ameaçadas de extinção no Estado do Paraná. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Curitiba.
- PÉREZ-LATORRE, A.V., GAVIRA, O. & CABEZUDO, B. 2010. Phenomorphology and ecomorphological characters of *Maytenus senegalensis* L. shrublands in the Iberian Peninsula: a comparison with other Mediterranean plant communities. *Flora* 205: 200-210.
- PRIMACK, R.B. 1985. Patterns of flowering phenology in communities, populations, individuals, and single flowers. *In* The population structure of vegetation (J. White, ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p.571-593.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org> (acesso em: 25/10/2009).
- RADOMSKI, M.I. & BULL, L.T. 2010. Caracterização ecológica e fitoquímica de quatro populações naturais de *Maytenus ilicifolia* no Estado do Paraná. *Pesquisa Florestal Brasileira* 30:1-16.
- RADOMSKI, M.I., PERECIN, M.B. & STEENBOCK, W. 2004. Aspectos ecológicos de espécies de espinheira-santa. *In* Conservação e uso sustentável de plantas medicinais e aromáticas: *Maytenus* spp. Espinheira Santa (M.S. Reis & S.R. Silva, org.). Ibama, Brasília, p.93-114.

- ROLIM, G.S., CAMARGO, M.B.P., LANIA, D.G. & MORAES, J.F.L. 2007. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia* 66:711-720.
- ROSA, S.G.T. 1998. Caracterização das sementes de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss, espinheira santa e viabilidade de sua propagação sexuada. *In* Plantas medicinais aromáticas e condimentares: Avanços na pesquisa agrônômica (L.C. Ming, M.C. Scheffer, C. Corrêa Junior, I.B.I. Barros & J.K. de A Mattos, eds.). UNESP, Botucatu, v.2, p.33-52.
- SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 2004. Resolução SMA48, de 21/9/04. http://www.ibot.sp.gov.br/resolucao_sma48/resolucao48.htm (acesso em 31/10/2005).
- SEBSEBE, D. 1985. The genus *Maytenus* (Celastraceae). *Symbolae Botanicae Upsaliensis* 25:1-101.
- SETZER, J. 1966. Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, São Paulo.
- SCHEFFER, M.C. 2001. Sistema de cruzamento e variação genética entre populações e progênies de espinheira-santa. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SIMÕES, C.M.O., MENTZ, L.A., IRGANG, B.E. & STEHMANN, J.R. 1988. Plantas da medicina popular do Rio Grande do Sul. Editora da Universidade, Porto Alegre.
- STEENBOCK, W. 2003. Fundamentos para o manejo de populações naturais de espinheira-santa, *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. (Celastraceae). Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- STEENBOCK, W. & REIS, M.S. 2004. Manejo sustentável de populações naturais de espinheira-santa. *In* Plantas medicinais e aromáticas (M.S. Reis & S.R. Silva, orgs.). Ibama, Brasília, p.145-162.
- TALORA, D.C. & MORELLATO, P.C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23: 13-26.
- VIEIRA, R.F., SILVA, S.R., ALVES, R.B.N., SILVA, D.B., WETZEL, M.M.S., DIAS, T.A.B., UDRY, M.C. & MARTINS, R.C. (eds.). 2002. Estratégias para conservação e manejo de recursos genéticos de plantas medicinais e aromáticas: resultados da 1ª reunião técnica. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) / Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília.
- WILCOX, B. 1980. Insular ecology and conservation. *In* Conservation Biology (N.E. Soulé & B.A. Wilcox, eds.). Sunderland, Sinauer, p.95-117.
- ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. 4th ed. Prentice Hall, New Jersey.