

**FENOLOGIA REPRODUTIVA DE ESPÉCIES
FLORESTAIS NATIVAS COM POTENCIAL
OLEAGINOSO NA AMAZÔNIA CENTRAL**

ANTONIO MOÇAMBITE PINTO

**Tese apresentada ao Instituto de
Biociências do Campus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista, para
obtenção do título de Doutor em
Ciências Biológicas (Biologia Vegetal)**

**Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Fevereiro de 2005**

FENOLOGIA REPRODUTIVA DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS COM POTENCIAL OLEAGINOSO NA AMAZÔNIA CENTRAL

ANTONIO MOÇAMBITE PINTO

Orientadora: Profa. Dra. L. PATRÍCIA C. MORELLATO

**Tese apresentada ao Instituto de
Biociências do Campus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista, para
obtenção do título de Doutor em
Ciências Biológicas (Biologia Vegetal)**

**Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Fevereiro de 2005**

À minha esposa Ana Maria Ferreira Pinto, pelo seu amor, apoio e incentivo na busca dos meus objetivos, pela paciência e compreensão, pelas horas de ausência e, principalmente, por acreditar que nada é impossível quando se tem força de vontade...Obrigado, amoreco!

Aos meus filhos: Horgrey, Alaney, Gracioney e Aroney Ferreira Pinto, pela compreensão e ajuda nas horas precisa e, principalmente, pelo comportamento exemplar nos tantos períodos ausentes...Amo vocês!

*"... e se não houver frutos
valeu a beleza das flores; se
não houver flores valeu a
sombra das folhas e se não
houver folhas valeu a
intenção da semente."*

□ Henfil

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), através de seu programa de capacitação e à Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical, pelo seu apoio;

À Universidade Estadual Paulista (UNESP – Rio Claro), através de seu programa de pós-graduação em Biologia Vegetal;

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de estudo concedida e suporte financeiro (Edital Universal 2002 - Processo nº 475412/01-0);

A Profa. Dra. Patrícia Morellato pela orientação e sugestões durante todos esses anos, pela confiança depositada em mim e por ter contribuído ativamente para conclusão desta tese;

Aos Profs. Drs. Marco Antonio de Assis, Fernando Pedroni, Adelar Mantovani e Marco Antonio Portugal Luttembarck batalha, membros da banca examinadora, pelas valiosas críticas e sugestões;

Aos Professores do Departamento de Botânica da UNESP - Rio Claro, pela convivência diária e troca de idéias, especialmente Marco Antonio de Assis, Massanori Takaki e Victor J. M. Cardoso pela amizade e discussões científicas. A todos os funcionários do Departamento de Botânica, especialmente Célia M. Hebling e Wenilton pela amizade e presteza com que sempre me ajudaram, e D. Luzia pelo carinho e pelo cafezinho delicioso.

Ao Adelar Mantovani, amigo tanto particular quanto para discussões científicas, pela boa convivência residencial e setor de trabalho;

A Valesca pelo companheirismo e ajuda sempre quando solicitada;

Ao Gil, Gaúcho e Garotão, pela amizade e boa convivência durante o doutorado;

Ao Fred, pelas conversas para melhorar o astral;

Aos funcionários da Biblioteca, por toda a dedicação e boa vontade, aos funcionários do RU, a Heloisa Scopinho Nicoletti, da seção da pós-graduação,

pela paciência e disposição de prontamente atender a todos e ao pessoal do correio pelo apoio e ajuda nas correspondências;

Aos funcionários do INPA colaboradores na coleta de dados fenológicos na Reserva Florestal Ducke: Lourival Quintiliano Reis e Edílson Barros do Nascimento e da Estação Experimental de Silvicultura Tropical: Basílio Pinto dos Reis e Raimundo Nonato. Colaborador na digitação dos dados fenológicos Paulo Ari Santana da Coordenação de Pesquisas em Silvicultura tropical;

Aos amigos do Laboratório de Banco de Dados Fenológicos do Departamento de Botânica da UNESP de Rio Claro: Paula, Eliana, Gabi, Wagner e principalmente Alberti, Eduardo e Prof. Dr. Carlos Sanchez, fundamentais na fase final da tese, pelo companheirismo e discussões profissionais;

Aos amigos e colegas da pós: Luciana, Denise Brás, Kaila, Denise Cavalcanti, Vinicius e Fátima, pelo companheirismo e boas conversas; Camila, Ângela, Michele, Alessandra, Susana Proença, Rodrigo, Júlio Kojima, Aloysio, Marcelo, João, Fábio, Vitor, Mayra, Alexander, pela agradável convivência.

Aos Coordenadores da pós-graduação do Departamento de Botânica da UNESP de Rio Claro Profs. Drs. Victor J. M. Cardoso, Patrícia C. Morellato, Vera L. Scatena, Adelita Ap. Sartori Paoli e Reinaldo Monteiro pela infraestrutura e por todo o esforço no sentido de melhorar o nosso curso.

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Resumo	01
Abstract.....	03
Introdução Geral.....	05
Referências bibliográficas	09
Capítulo 1: Fenologia reprodutiva de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd (Fabaceae) em duas áreas experimentais na Amazônia Central	12
Resumo	13
Abstract	14
Introdução	15
Material e Métodos.....	17
Resultados	20
Discussão.....	23
Conclusões.....	25
Bibliografia citada.....	26
Figuras	30
Tabela	34
Capítulo 2. Padrões fenológicos reprodutivos de <i>Carapa guianensis</i> Aubl. (Meliaceae) em floresta de terra firme na Amazônia Central	35
Abstract	37
Resumo	38
Introdução	39
Material e Métodos.....	40
Resultados	41
Discussão.....	45
Referências bibliográficas	47
Figuras	51
Tabelas	56

Capítulo 3. Estudo comparativo dos padrões fenológicos de longa duração de <i>Aniba rosaeodora</i> Ducke e <i>Aniba canelilla</i> (H.B.K) Mez (Lauraceae) em floresta de terra firme na Amazônia Central: implicação para conservação e manejo.	58
Resumo	59
Abstract	60
Introdução	61
Material e Métodos.....	62
Resultados	65
Discussão.....	70
Bibliografia citada.....	73
Figura	77
Tabelas	78
Considerações finais	82
Recomendações	83
Apêndice 1	84

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo gerar informações básicas sobre a silvicultura das espécies florestais para possibilitar a implementação de programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas na região amazônica. Trata-se de um estudo fenológico realizado pelo INPA, Manaus, Amazonas, especificamente pela Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical, ao longo de 35 anos. Este estudo analisou duas áreas de floresta amazônica, a Reserva Florestal Ducke (RFD) e a Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), no período de 1974 a 2000. O objetivo específico foi comparar os padrões fenológicos nas duas áreas experimentais, verificando sua regularidade e relação com fatores climáticos. As espécies selecionadas foram aquelas indicadas com potencial oleaginoso e ecológico, em avaliações preliminares e que estão sendo observadas para o estudo, a saber: Andiroba – *Carapa guianensis* Aubl.; Cumaru – *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.; Casca preciosa – *Aniba canelilla* (H.B.K.) Mez e Pau rosa – *Aniba rosaeodora* Ducke. Foram amostrados 21 indivíduos de *A. rosaeodora* Ducke na RFD e cinco na EEST, e cinco indivíduos das espécies restantes em cada uma das duas áreas de estudo. Observados mensalmente com auxílio de um binóculo para o registro das fenofases (botões florais, antese, frutos imaturos e maduros). Os padrões fenológicos reprodutivos foram descritos de acordo com sua frequência, regularidade e duração. As relações entre os dados fenológicos com as variáveis climáticas foram feitas por meio da análise não paramétrica de correlação linear de Spearman, considerando os valores mensais das variáveis climáticas. Foi observado na EEST que a floração nas espécies estudadas tende a ocorrer no período de menor precipitação, com exceção da *Carapa guianensis* que tendeu a florescer na transição da estação seca para chuvosa. Na RFD, a floração nas quatro espécies foi irregular, pois, em *Carapa guianensis* e *Dipteryx odorata* tendeu a ocorrer no final do período de menor precipitação para a época de chuvas; na *Aniba rosaeodora* tendeu a ocorrer na época das chuvas e em *Aniba canelilla* na época seca. Quanto à

frutificação das quatro espécies, nas duas áreas de estudo, a tendência foi iniciar no final do período de pouca chuva para a época de maior precipitação, com exceção na *Aniba rosaeodora* que tendeu a frutificar na época de chuvas. Com relação à frequência de ocorrência, para *Dipteryx odorata*, nas duas áreas observadas, esta foi anual para as fenofases floração e frutos imaturos, ao passo que para frutos maduros foi supra-anual, todas com padrão irregular. Para *Carapa guianensis* a frequência foi anual nas fenofases botões florais, antese e frutos imaturos (EEST) e botões florais e antese (RFD), com padrão regular, ao passo que para frutos maduros (EEST e RFD) e frutos imaturos (RFD) a frequência de ocorrência foi supra-anual com padrão irregular. Já para *Aniba rosaeodora* e *A. canelilla* a frequência de ocorrência foi supra anual com padrão irregular para todas as fenofases nas duas áreas observadas. A duração foi igual (intermediária e prolongada) nas duas áreas para todas as espécies estudadas. Estudos fenológicos a longo prazo são importantes, tendo em vista ajudar entender os padrões fenológicos reprodutivos e oferta de recursos em florestas tropicais, na elaboração do planejamento racional e seu manejo.

Palavras chave: Fenologia reprodutiva, *Dipteryx odorata*, *Carapa guianensis*, *Aniba rosaeodora*, *Aniba canelilla*, floração, frutificação, Amazônia Central.

Abstract

This research aims to generate basic information about the silviculture of forest species to make the implementation of reforestation programs and the recovering of degraded areas in the Amazon region possible. This phenological research has been conducted by INPA, specifically by the Tropical Silviculture Research Coordination, over a period of 35 years. This study will analyze two areas in the Amazon Forest, Reserva Florestal Ducke (RFD) and Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), in the period between 1974 and 2000. The specific objective is to compare the phenological patterns in both experimental areas, verifying their regularity and relationship with climatic factors. The species selected were those indicated with oily and ecological potential in preliminary evaluations: Andiroba – *Carapa guianensis* Aubl; Cumaru – *Dipteryx odorata* (Aubl) Willd; Casca preciosa – *Aniba canelilla* (H.B.K.) Mez and Pau rosa – *Aniba rosaeodora* Ducke. It were sampled twenty-one individuals of *A. rosaeodora* Ducke in RFD and five in EEST, and five individuals of the remaining species in each one of the two areas of study. The individuals were monthly observed with the assistance of binoculars to record the phenophases. The phenological patterns will be described with regards to their frequency, regularity and duration. The relations among the phenological data with the climatic variables were made through the non-parametric Spearman linear correlation analyses taking in consideration the climatic monthly mean values. It was observed at EEST, that the flowering of the species studied tend to occur in a period of less precipitation, except for *Carapa guianensis* that tended to bloom in the transition from dry season to rainy season. Whereas, for *Aniba rosaeodora* the flowering tended to occur in the rainy epoch and for *Aniba canelilla* it occurred in the dry epoch. Referring to the fruiting phase of the four species, in both areas of study, the tendency was to start in the last period of less rain to the epoch with most precipitation, except for *Aniba rosaeodora* that tended to present fruits in the rainy epoch. With regard to the frequency of occurrence for *Dipteryx odorata*, this one was

annual for the phenophases flowering and unripe fruits, whereas ripe fruits was supra-annual, and all of them presented irregular pattern. For *Carapa guianensis*, the frequency was annual for the phenophases floral buds, anthesis and unripe fruits (EEST) and floral buds and anthesis (RFD) with regular pattern, whereas for ripe fruits (EEST and RFD) and unripe fruits (RFD) the frequency of occurrence was supra-annual with irregular pattern. However, for *Aniba rosaeodora* and *A. canelilla* the frequency of occurrence was supra-annual with irregular pattern for all the phenophases in both areas observed. The duration was the same (intermediate- extended) in both areas studied for all the species. Long term phenological studies are important when one intend to help to understand the reproductive phenological patterns and the offering of resources in tropical rain forests, and a rational planning for the use and management.

Key-words: Reproductive phenology, *Dipteryx odorata*, *Carapa guianensis*, *Aniba rosaeodora*, *Aniba canelilla*, flowering, fruiting, Central Amazon

Introdução Geral

A Região Amazônica dispõe de ampla diversidade de espécies florestais de alto valor comercial e, por essa razão, tornou-se foco de um processo de ocupação acelerado e desordenado, criando sérias preocupações quanto ao futuro de seu vasto patrimônio genético (Paiva 1994).

Higuchi *et al.* (1985) afirmaram que o crescente desmatamento da cobertura florestal amazônica está vinculado à exploração madeireira seletiva em face da demanda local, nacional e até internacional. Observaram também que às discussões entre os pesquisadores eram totalmente alheias aos ouvidos das indústrias madeireiras e do mercado de madeira, tendo em vista estas não pararem de crescer, explorar e comercializar a madeira que todos consomem, inclusive profissionais vinculados à questão ambiental. A demanda anual por produtos madeireiros no Brasil representava cerca de 30 milhões de metros cúbicos (excluindo lenha para energia e carvão vegetal), equivalentes a uma área de mais de 1 milhão de hectares explorados sem nenhuma preocupação com relação à sucessão vegetal; no estado do Amazonas, são explorados anualmente das várzeas cerca de 1 milhão de metros cúbicos de madeira (Higuchi 1991).

Entretanto, essa exploração descompromissada tem outra causa em comum, trata-se da agricultura itinerante, que juntamente com a demanda de madeira estimulam a degradação desse ecossistema riquíssimo, muitas vezes até pela falta de informações sobre a importância da floresta e sua ecologia, necessitando portanto, de mais conhecimento a esse respeito e principalmente sobre a fenologia das espécies florestais.

Evans (1980) definiu fenologia como estudo do período sazonal dos eventos do ciclo de vida. Para as plantas, esses episódios constituem-se em critérios para a sobrevivência e a reprodução. Segundo Alencar (1988), a fenologia de plantas trata do estudo do ritmo das fases biológicas de floração, frutificação e mudança foliar. Possibilita um melhor entendimento da dinâmica da floresta e fornece suporte científico sobre aspectos da biologia das espécies no

seu habitat natural, condições que não devem ser desprezadas para a aplicação de técnicas silviculturais seguras e inteligentes.

Portanto, a fenologia é uma ferramenta importante na descrição de ambientes naturais, assim como, no entendimento das interrelações entre as espécies nos ecossistemas florestais. Observações sistemáticas da fenologia das espécies reúnem informações sobre o estabelecimento, período de crescimento, período de reprodução (floração e frutificação) e disponibilidade de recursos para polinizadores e dispersores (Frankie *et al.* 1974, Morellato e Leitão Filho, 1990).

Informações da variação das características fenológicas das espécies arbóreas são fundamentais, não só na compreensão da dinâmica das comunidades florestais, mas também como um indicador da resposta desses organismos às condições climáticas e edáficas de um local (Fournier, 1974).

A informação fenológica define a melhor época para coleta de sementes de árvores selecionadas e avalia qualitativa e quantitativamente a produção dos frutos e sementes proporcionando uma melhor compreensão da espécie (Alencar *et al.*, 1979 e Alencar, 1988). Magalhães & Alencar (1979) e Umaña & Alencar (1993) mencionaram que uma das dificuldades para recuperar matas exploradas é a falta de fornecimento adequado de sementes dessas essências ocasionado principalmente pela inexistência de informações acerca das fenofases (floração e frutificação).

A determinação da melhor época para coleta de sementes torna possível orientar o seu manejo silvicultural (Umaña & Alencar 1993). Romero (1986) afirmou que calendários fenológicos fornecem informação sobre as épocas e características de floração, frutificação, produção de sementes e processo de dispersão das espécies, facilitando a coleta oportuna das sementes que servirão para os programas de reflorestamento.

A Floresta Amazônica é um dos maiores reservatórios naturais da biodiversidade vegetal do planeta, onde cada uma de suas diferentes tipologias florestais apresenta um contingente florístico rico e variado, muitas vezes exclusivo

de determinado ambiente (Oliveira & Amaral 2004). Nesse conjunto de ecossistemas altamente complexo e de equilíbrio ecológico extremamente frágil (Oliveira & Amaral 2004), a diversidade de espécies e habitats podem acarretar variações nos padrões fenológicos da vegetação, que podem estar relacionadas a variações no comportamento fenológico da mesma espécie em diferentes locais.

Um estudo fenológico de longa duração para árvores florestais de potencial silvicultural foi iniciado em 1965 na Reserva Florestal Ducke (RFD), e em 1974 na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), ambos na região de Manaus, Amazonas (Araújo, 1970, Alencar *et al.* 1979).

As pesquisas, iniciadas a partir de 1962, na Reserva Ducke, tratavam da silvicultura de plantios, tanto sob sombra da floresta primária submetida a diversos tratamentos, quanto de plantios estabelecidos em plena abertura. Paralelamente, foram iniciados os estudos fenológicos de espécies arbóreas nativas, de valor econômico no mercado como produtoras de madeiras, látex, gomas, sementes oleaginosas e resinas.

A partir de 1972 (Convênio INPA/SUFRAMA), foram implantados plantios experimentais na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) e uma réplica do estudo fenológico de árvores, semelhante ao da Reserva Ducke, foi estabelecido.

O presente estudo resulta da continuação das pesquisas fenológicas que vêm sendo desenvolvidas há mais de 30 anos com espécies florestais nativas da região amazônica, com recursos do Tesouro Nacional, apoio do CNPq e por meio de convênios internacionais. São investigados os eventos fenológicos de cerca de 200 espécies florestais com a finalidade primeira de gerar subsídios aos planos de conservação, manejo e reflorestamento de áreas degradadas na floresta Amazônica.

Dessa investigação, resultaram numerosas publicações sobre a fenologia de árvores na Amazônia Central, todas analisando dados da Reserva Ducke, destacando-se os trabalhos de Araújo (1970) e de Alencar e seus colaboradores (Alencar *et al.* 1979, Magalhães & Alencar 1979, Ruiz & Alencar 1999, Alencar 1988, 1994, 1998).

Dentro desse contexto, foram selecionadas quatro espécies que ocorrem em duas áreas de floresta amazônica, a Reserva Florestal Ducke e a Estação Experimental de Silvicultura Tropical, para análise do seu comportamento fenológico: (i) *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Fabaceae), o cumaru, (ii) *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae), a andiroba, (iii) *Aniba rosaeodora* Ducke (Lauraceae), o pau-rosa, e (iv) *Aniba canelilla* (H.B.K.) Mez (Lauraceae), a casca-preciosa.

Todas são espécies de potencial oleaginoso, com importante fator econômico-social-ecológico para a Amazônia graças à presença de compostos muito solicitados pela indústria de cosméticos, mas também com uso medicinal e madeireiro (Silva *et al.* 1977, Loureiro *et al.* 1979, Clay *et al.* 1999, Lorenzi 1992, Revilla 2000). Algumas dessas espécies, como o pau-rosa, são árvores que podem atingir até 30 metros de altura por dois metros de diâmetro e estão atualmente em via de extinção (Alencar & Fernandes 1978) devido à longa história de sua exploração pela indústria de perfumes, ceras, loções, cremes, xampus, batons e outros cosméticos, graças à presença do linalol, extraído de suas madeiras (Silva *et al.* 1977).

O presente estudo teve como objetivo geral determinar o comportamento fenológico reprodutivo dessas quatro espécies arbóreas, em duas áreas de floresta amazônica, fornecendo subsídios para o seu manejo e conservação. Os três capítulos deste trabalho têm como objetivos específicos: (a) determinar os padrões de floração e frutificação das espécies analisadas, definindo a época de floração e frutificação destas espécies e a regularidade e previsibilidade na oferta desses recursos; (b) comparar os padrões fenológicos de tal forma a averiguar se em duas áreas distintas de floresta de terra firme estas espécies apresentam comportamento fenológico similar e se respondem a fatores climáticos semelhantes ao longo do tempo.

Nesse sentido, foi submetido ao CNPq, em maio de 2003, dentro do programa Edital Universal 2002, o projeto intitulado: “Projeto de monitoramento fenológico a longo prazo em árvores da floresta amazônica: adequação do banco de dados e avaliação dos efeitos de variações climáticas na fenologia”,

tendo sido aprovado com vigência de 09/2003 a 10/2005 (Proc no 475412/01-0), (Apêndice 1).

O projeto teve por objetivo, pela primeira vez, investigar a influência de variações climáticas naturais ou não nos padrões fenológicos das espécies, ao longo de toda a série temporal, nas duas áreas de estudo (RFD e EEST), dentro da perspectiva das aplicações potenciais dos dados fenológicos de longa duração no entendimento dos efeitos dos ciclos climáticos e mudanças climáticas nas árvores de florestas tropicais. Para tanto, o principal enfoque deste primeiro projeto foi na modernização e adequação do banco de dados fenológicos, de tal forma a poder obter as séries temporais de cada indivíduo, necessárias para a análise dos padrões fenológicos das espécies. O estudo foi comparativo, de tal forma a averiguar se em duas áreas diferentes de floresta amazônica (RFD e EEST) a mesma espécie apresenta comportamento fenológico similar e se responde a fatores climáticos semelhantes ao longo do tempo. Como perspectiva final, o projeto pretendeu possibilitar a investigação dos efeitos de mudanças climáticas naturais ou não na fenologia das plantas durante um período de 35 anos de observações, explorando as aplicações potenciais dos dados fenológicos de longa duração no entendimento dos efeitos dos ciclos climáticos e mudanças climáticas nas árvores de florestas tropicais.

Para alcançar os objetivos acima propostos, verificou-se que seria necessária a adequação do banco de dados fenológicos utilizado até então, de tal forma a conseguir produzir as séries temporais dos 27 anos para cada indivíduo de cada espécie a ser estudada. O banco original, desenhado em programa Dbase para DOS, produzia apenas as séries médias e o trabalho de migração para planilha eletrônica e geração das séries temporais mostrou-se extremamente tedioso e demorado.

Referências bibliográficas

- ALENCAR, J. C. 1988. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. IV. Interpretação de dados fenológicos em relação a elementos climáticos. *Acta Amazonica*, 18(3-4):199-209.
- 1994. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na Reserva Ducke, Manaus, AM. *Acta Amazonica*, 24(3/4):161-182.
- 1998. Fenologia de espécies arbóreas tropicais na Amazônia Central. *Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo*. Capítulo 2, 25-40pg.
- ALENCAR, J. C. & FERNANDES, N. P. 1978. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. Pau rosa (*Aniba duckei* (Kostermans)). *Acta Amazonica* 8(4):523-541.
- ALENCAR, J. C., ALMEIDA, R. A. & FERNANDES, N. P. 1979. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica* 9(1):163-198.
- ARAÚJO, V. C. 1970. Fenologia de Essências Florestais Amazônicas I. *Boletim do INPA*, Manaus, (4):1-25.
- CLAY, J. W.; SAMPAIO, P. T. B. & CLEMENT, C. R. 1999. Biodiversidade amazonica: exemplos e estratégias de utilização. SEBRAE/AM. 1. ed. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico.
- EVANS, L. T. 1980 The natural history of crop yield. *American Science*, v.68. p.388-397.
- FRANKIE, G. W. ; BAKER, H. G. & OPLER, P. A. 1974 .Comparative phenological studies of trees in tropics wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journa of Ecology*, 62:881-919.
- FOURNIER, L. A. 1974. Um método cuantitativo para la medición de características fenológicas em árboles. *Turrialba* 24(4):422-423.

- LORENZI, H. 1992. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo. Edt. Plantarum, v. I, 368p.
- LOUREIRO, A. A., SILVA, M. F. DA & ALENCAR, J. C. 1979. Essências madeireiras da Amazônia. INPA, Manaus v.1,2. 187 p.
- MAGALHÃES, L. M. S. & ALENCAR, J. C. 1979. Fenologia do Pau-rosa (*Aniba duckei* Kostermans), Lauraceae, em Floresta Primária na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 9(2):227-232.
- MORELLATO, L. P. C. & LEITÃO FILHO, H. F. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta semidecídua na Serra do Japí, Jundiá, São Paulo. *Revista brasileira de Biologia*, 50(1): 163-173.
- OLIVEIRA, A. N. & AMARAL, I. L. 2004. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 34(1):21-34.
- PAIVA, J. R. 1994. Conservação Ex Situ de recursos genéticos de plantas na região tropical úmida. *Acta Amazonica*, 23(1):199-211.
- REVILLA, J. 2000. Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis. SEBRAE/AM. 1. ed. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico.
- ROMERO, M. 1986. Guia práctica para la elaboración de planes de Manejo Forestal de Bosques Húmedos Tropicales. Lima, Perú. Documento de trabajo No.12, Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002.112 p.
- RUIZ, J. E. A. & ALENCAR, J. C. 1999. Interpretação fenológica de cinco espécies de Chrysobalanaceae na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 29(2):223-242.
- SILVA, M. F., LISBÔA, P. L. B. & LISBÔA, R. C. L. 1977. Nomes vulgares de plantas amazônicas. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 222 p.
- UMAÑA, C. L. A. & ALENCAR, J. C. 1993. Comportamento fenológico da Sucupira-Preta (*Diploptropis purpurea* Rich. Amsh. var. *coriacea* Amsh.) na Reserva Florestal Ducke. *Acta Amazonica*, 23(1):199-211.

**CAPÍTULO 1: FENOLOGIA REPRODUTIVA DE *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.
(FABACEAE) EM DUAS ÁREAS NA AMAZÔNIA CENTRAL.**

Manuscrito submetido para Acta Amazonica em 04.10.04

Fenologia reprodutiva de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Fabaceae) em duas áreas na Amazônia Central.

Antonio Moçambique PINTO^{1,2}; L. Patrícia C. MORELLATO¹; Antenor Pereira BARBOSA².

RESUMO - Estudos fenológicos a longo prazo em florestas tropicais são raros. Foi realizado o acompanhamento fenológico de *Dipteryx odorata*, no período de 1974 a 2000, em duas áreas de floresta amazônica: a Reserva Florestal Ducke (RFD) e Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST). O objetivo foi observar os padrões fenológicos nas duas áreas, verificar a regularidade dos padrões de floração e frutificação num período de 27 anos e a influência dos fatores climáticos e compará-los entre si. Foram marcados cinco indivíduos na RFD e cinco na EEST e observados quanto à produção de flores, frutos imaturos e maduros. A antese e frutos imaturos apresentaram padrão irregular nas duas áreas observadas, variando quanto a duração e a época de ocorrência entre anos e estações, mas apresentaram frequência de ocorrência similar nos 27 anos observados. Para a fenofase “frutos maduros” esse padrão foi diferente, com intervalos de até três anos sem ocorrência frutos maduros, na RFD e sete anos na EEST. Conclui-se que a frequência de ocorrência das fenofases floração e frutos imaturos foi anual e frutos maduros supra-anual, todas com padrão irregular e duração de intermediária a prolongada. Ocorreu variação de um a três anos entre episódios de floração e frutos imaturos e de um a sete anos entre episódios de frutos maduros, não ficando evidente a influência dos fatores climáticos nos padrões observados. Estudos a longo prazo são fundamentais para entender os padrões fenológicos reprodutivos e de oferta de recursos em florestas tropicais.

PALAVRAS-CHAVE Fenologia reprodutiva, *Dipteryx odorata*, floração, frutificação, Amazônia Central.

¹ Universidade Estadual Paulista, UNESP, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Grupo de Fenologia e Dispersão de sementes, Caixa Postal 199, 13506-900 – Rio Claro, SP.

² Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, CPST, Caixa Postal 478, 69011-970 – Manaus, AM.

Reproductive phenology of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (Fabaceae) in two experimental areas in the Central Amazon.

ABSTRACT – Long term phenological studies in tropical forests are rare. A phenological study of *Dipteryx odorata* was carried out from 1974 to 2000 in two areas of Amazon Forest: Reserva Florestal Ducke (RFD), and Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST). The aim was to observe the phenological patterns in the two experimental areas, and verify the regularity of the flowering and fruiting patterns over a period of 27 years the influence of climatic factors, compare patterns between sites. Five individuals were marked in RFD along with five in EEST; the trees were observed monthly concerning the flower, unripe and ripe fruit production. The anthesis and unripe fruits presented irregular pattern in both areas, also varying with regard to duration and time of occurrence among years and seasons. Nevertheless, they presented similar frequency of occurrence during the 27 years of observation. On the other hand, ripe fruits presented a different pattern, with intervals of three years without ripe fruits in RFD, and seven years in EEST. It was concluded that the flowering and unripe fruits frequency of occurrence was annual and that the frequency of occurrence of ripe fruits was supra-annual, with irregular pattern, and duration from intermediate to extended. At were observed one to three years intervals between flowering and unripe fruits episodes, and between one to seven years among episodes with ripe fruits, not being very strong, in this first analysis, the influence of climatic factors in the patterns observed. Long term studies are fundamental to understand the reproductive phenological patterns as well as the offering of resources patterns in tropical forests.

KEY WORDS reproductive phenology, *Dipteryx odorata*, flowering, fruiting, Central Amazon.

INTRODUÇÃO

Um estudo fenológico de longa duração foi iniciado em 1965 na Reserva Florestal Ducke (RFD) (Araújo, 1970; Alencar *et al.*, 1979) e em 1974 na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), ambas na região de Manaus, Amazonas. Trata-se de uma grande investigação dos eventos fenológicos de cerca de 200 espécies florestais tropicais com a finalidade de gerar subsídios aos planos de manejo e reflorestamento de áreas degradadas na floresta amazônica.

Esta pesquisa gerou várias publicações sobre a fenologia de árvores na Amazônia Central, todas analisando dados da Reserva Florestal Ducke, destacando-se os trabalhos em nível de comunidade de Araújo (1970), que estuda a fenologia de essências florestais amazônicas no período de sete anos (1962 a 1968) e o de Alencar *et al.* (1979) que analisam a fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central no período de 12 anos (1965 a 1976). Para populações temos os estudos de Magalhães e Alencar (1979) que apresentam resultados sobre a fenologia do pau-rosa (*Aniba duckei*) para o período de 11 anos (1968 a 1978), o de Alencar (1988) que analisa a fenologia da copaíba (*Copaifera multijuga*) por um período de sete anos (1979 a 1985), interpretando os dados fenológicos em relação aos elementos climáticos, e o de Umaña & Alencar (1993) que analisou o comportamento fenológico da sucupira-preta (*Diploptropis purpurea*), num período de seis anos (1980 a 1985). Em nível de família temos os trabalhos de Lima Júnior (1992), que estudou a fenologia de cinco espécies de Lecythidaceae para o período de 11 anos (1978 a 1988), e o de Alencar (1994), que analisou a fenologia de cinco espécies arbóreas de Sapotaceae no período de 21 anos (1970 a 1990).

Dentro desse contexto, foi selecionada a espécie *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd, (Fabaceae), o cumaru, árvore de grande porte, atingindo até 30 m de altura na floresta primária, porém de porte mais baixo quando cultivada ou em florestas secundárias (Loureiro *et*

al., 1979; Clay *et al.*, 1999; Revilla, 2000), para análise do seu comportamento fenológico. Essa espécie é tida como importante para reflorestamentos, frutificando precocemente aos quatro anos de idade, e sua madeira é utilizada para implementos agrícolas, dormentes, construção naval, cabos de ferramentas, moirões, carrocerias, estacas, esteios, tacos para soalhos, vigamentos, artigos laminados, marcenaria, carpintaria e buchas de eixo de hélices de embarcações (Silva *et al.*, 1977; Loureiro *et al.*, 1979). As amêndoas dos frutos são aromáticas, de onde se extrai óleo essencial amarelo-claro, perfumado que se altera rapidamente em contato com o ar (Loureiro *et al.*, 1979), usado em perfumaria (cumarina), de grande importância na economia regional e de importância industrial na Venezuela (Loureiro *et al.*, 1979). Prance & Silva (1975), Loureiro *et al.* (1979) e Clay *et al.* (1999) afirmaram que a tintura da casca do fruto é antiespasmódica tônica e eficaz moderador dos movimentos cardíacos e da respiração. Assim sendo, o estudo fenológico dessa espécie se impõe como prioritário, possibilitando a determinação da regularidade e previsibilidade na oferta de recurso natural, com a finalidade de possibilitar o uso racional na Amazônia.

Alencar (1994) sugeriu que os padrões fenológicos são mais afetados pelas características intrínsecas das espécies (genéticas, fisiológicas, reprodutivas) e pelos fatores ecológicos (polinização, predação, competição) e não somente pelas variáveis climáticas. Por outro lado, Alencar (1988, 1994) relatou a influência dos elementos climáticos (precipitação, insolação, evaporação, umidade relativa) nas fenofases da copaíba (*Copaifera multijuga*) e de cinco espécies de Sapotaceae em floresta amazônica. Este trabalho teve como objetivos: 1. determinar os padrões de floração e frutificação de *Dipteryx odorata* ao longo de 27 anos de observações; 2. comparar os eventos fenológicos em duas áreas distintas de floresta de terra firme, a Reserva Florestal Ducke e a Estação Experimental de Silvicultura Tropical, de forma a

averiguar se essa espécie apresenta comportamento fenológico similar e se responde a fatores climáticos semelhantes ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Os estudos foram desenvolvidos na Reserva Florestal Ducke (RFD), situada a 26 km ao norte de Manaus, na Estrada Manaus-Itacoatiara (AM-010) com 10.072 ha. em floresta tropical úmida de terra firme ($59^{\circ}52'40''$ a $59^{\circ}52'00''$ de longitude Oeste, e $03^{\circ}00'00''$ a $03^{\circ}08'00''$ de latitude Sul) (Ribeiro, 1976) e na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) com 180.000 ha. ($2^{\circ}37'$ a $2^{\circ}38'$ de latitude sul e $60^{\circ}09'$ a $60^{\circ}11'$ de longitude oeste), distando cerca de 45 km ao norte de Manaus na Rodovia Manaus-Caracarai BR-174 (RADAM, 1978).

O clima da região é do tipo Af \bar{i} , de acordo com a classificação de Köppen: A – Clima tropical praticamente sem inverno, a temperatura média para o mês mais frio nunca é inferior a 18 °C; f – Chuvas durante todo o ano; i – indica isoterminia, ou seja, as oscilações anuais de temperatura média não chegam a 5 °C; não há verão nem inverno (Ribeiro, 1976). Os dados climatológicos utilizados no presente trabalho foram fornecidos pela Coordenação de Pesquisas em Ciência do Ambiente do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e coletados na Estação Climatológica da RFD, para as duas áreas experimentais, distando aproximadamente 30 km em linha reta da EEST. No diagrama climático obtido a partir de dados de 27 anos (entre 1974 a 2000), observa-se a existência de um período super-úmido, com chuvas freqüentes alcançando médias mensais acima de 200 mm, e menores temperaturas médias, que se estende de novembro a maio, denominada estação chuvosa. Um período menos úmido durante os meses de junho a outubro, com chuvas menos constantes, mas sem déficit

hídrico, com precipitação média de 133,5 mm mensais e maiores temperaturas (Fig. 1), sendo considerada neste trabalho como a estação menos úmida. O mês mais seco foi agosto e abril o mês com a maior média de precipitação (304,34 mm). A temperatura média mensal total variou entre 25,5°C e 26,7°C. Médias superiores a 26°C ocorreram na estação seca e as menores médias na estação chuvosa. Também foi observado que predominaram as temperaturas mínimas médias mensais em torno de 22°C. As menores temperaturas foram verificadas no início da estação menos chuvosa. Temperaturas máximas apresentaram valores entre 30,8°C a 33,4°C, no final da estação seca, e os menores na estação chuvosa (Fig. 1).

A vegetação predominante da região foi classificada por Ducke & Black (1954) como floresta tropical úmida. Por outro lado, Alencar (1986) classificou a floresta da Reserva Florestal Ducke como tropical úmida de terra firme, por apresentar grande diversidade de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas. As florestas que recobrem as áreas de estudo estão incluídas na “Floresta Ombrófila Densa” da Amazônia (Veloso *et al.*, 1991) e caracterizam-se por: estar sempre verde, pois as árvores nunca perdem toda a folhagem ao mesmo tempo; grande número de espécies florestais, geralmente distribuídas em três camadas bem distintas: estrato superior ou dominante, formado por árvores dominantes, de grande porte, com DAP (= diâmetro à altura do peito) superior a 1,00 m, e altura da copa, às vezes, chegando a 45 m ou mais, como: “cedrorana” (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke), “angelim pedra” (*Dinizia excelsa* Ducke), “castanha jarana” (*Holopyxidium latifolium* (A.C.Sm.) R. Kn.), “castanha sapucaia” (*Lecythis usitata* Miers. var. *tenuifolia* R. Kn.), “matamata” (*Eschweilera* spp.);_estrato intermediário, formado por árvores de porte menor como “marupá” (*Simarouba amara* Aubl.), “muirapiranga” (*Eperua bijuga*), “sucupira amarela” (*Enterolobium schomburgkii* Bth.), “pau rosa” (*Aniba duckei* Kostermans), “louros” (*Aniba* spp., *Nectandra* spp., *Ocotea* spp., *Licaria* spp.), “cardeiro” (*Scleronema micramthum* Ducke) e outras, cujos DAP pode ir além de 1,00

m, porém a altura da copa geralmente está abaixo de 45 m. Encontram-se também nesse estrato certas palmeiras como: “açai” (*Euterpe oleracea*.), “patauá” (*Jessenia bataua* (Mart.) Burret), “buritirana” (*Mauritia aculeata* H.B.K.) e outras; estrato inferior, constituído de espécies que podem se desenvolver em condições de forte sombra, tais como: certas palmeiras “açai” (*Euterpe* sp.), “ubim” (*Geonoma deversa* (Poit) Kunth.), “palha branca” (*Sheelia* sp.), “palha preta” (*Astrocayum* sp.), “buçu” (*Manicaria saccifera* Gaert.), e outras plantas arbustivas e herbáceas e ainda as provenientes de regeneração natural pré-existente; grande variedade de forma de seção dos troncos na base destes, assim por exemplo: certos troncos fistulados de “carapanauba” (*Aspidosperma* sp.), “aquariquara roxa” (*Minquartia guianensis* Aubl.), “aquariquara preta” (*Minquartia* sp.), “aquariquara branca” (*Geissospermum sericeum* (Sag.) Bth. et Hook), troncos tabulares, como o “arabá” (*Swartzia* sp.), troncos retorcidos como “apuí” (*Clusia* sp.) e ainda troncos com má formação como ocorre com o “macucu de paca” (*Aldina heterophylla* Bth.).

A espécie estudada foi previamente selecionadas na floresta, segundo seu habitat, altura, DAP (diâmetro à altura do peito) e forma do fuste (Araújo, 1970). Foram amostrados cinco indivíduos de *Dipteryx odorata* na RFD e cinco na EEST. Os indivíduos foram observados com auxílio de um binóculo para o registro das fenofases. foram analisados dados do período de 1974 a 2000.

Observações fenológicas foram mensais, de janeiro de 1974 a dezembro de 2000, feitas como descrito por Alencar (1979), sendo analisadas, neste estudo, as fenofases: (a) floração - antese (floração adiantada); (b) frutificação - dividida em frutos imaturos (frutos novos aparecendo) e frutos maduros (frutos maduros presentes).

Os padrões fenológicos são descritos segundo Newstrom *et al.* (1994 a e b) de acordo com sua frequência - número de ciclos com e sem fenofases por ano; regularidade - dada pela

variabilidade de época de ocorrência e duração das fases, sendo duração o tempo em meses que um indivíduo permanece em uma dada fase.

Os dados fenológicos de 1974 a 2000, tanto da RFD quanto da EEST, foram armazenados em banco de dados DBASE III pelo programa FENOLOG, desenvolvido na Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical do INPA. Foram calculadas as relações entre os dados fenológicos com as variáveis climáticas (precipitação e temperaturas: mínima, média e máxima), por meio de análise não paramétrica de correlação linear de Spearman (Zar, 1996) considerando os valores mensais das variáveis climáticas.

RESULTADOS

A floração de *Dipteryx odorata*, na EEST apresentou frequência anual, ocorrendo em geral na estação seca e transição seca para chuvosa (Fig. 2A) e apresentou correlação positiva significativa com a temperatura máxima ($r_s = 0,30$; $p < 0,01$, $N = 324$) e temperatura média ($r_s = 0,15$; $p < 0,01$). Foi observada nos anos de 1974, 87 (out, nov, dez); 1975 (jan, out, nov); 1977, 86, 94 (set, out); 1978, 83, 92, 93, 98 (out, nov); 1980, 89, 96, 00 (set, out, nov); 1984 (mai, jun, out, nov); 1988 (jan, fev, out, nov); 1995 (jan, fev); 1999 (ago, set, out). O maior período de ocorrência de flores no período de estudo se deu nos anos de 1993 e 1998 (out, nov). Os maiores intervalos entre floração foram observados entre 1981 a 1983 e entre 1990 a 1991 num período de três e dois anos, respectivamente e em 1976 (Fig. 3A).

A produção de frutos imaturos, na EEST, também apresentou frequência anual, recaindo em geral na estação úmida, principalmente em novembro e dezembro (Fig. 3A), apresentando correlação positiva significativa com a precipitação ($r_s = 0,27$; $p < 0,01$) e correlação negativa significativa com a temperatura máxima ($r_s = - 0,20$; $p < 0,01$). Foi observada nos anos de 1975 (fev); 1977, 85 (nov); 1978, 98 (dez); 1980, 96, 99, 00 (nov,

dez); 1981, 97 (jan, fev, mar, abr, mai); 1984 (jul, ago); 1986 (jan, fev, mar, abr, mai, jun, nov, dez); 1987 (jan, fev, dez); 1988 (jan, fev, mar, abr, mai, dez); 1989 (out, nov, dez); 1990 (jan, fev, mar, abr, mai, jun); 1992 (mar, abr, mai, jun, dez); 1993 (jan, dez); 1994 (jan, mar, abr, nov, dez); 1995 (mar). O maior número de indivíduos com frutos imaturos ocorreu de outubro de 1989 à junho de 1990, e o maior intervalo foi observado entre 1982 e 1983 num período de 2 anos (Fig. 3A). A produção de frutos maduros apresentou padrão supra-anual na EEST, na estação seca (Fig. 4A), sendo observada nos anos de 1981, 88, 97 (jun); 1984 (set); 1990, 92 (jul); 1995 (abr), com um pico de ocorrência nos anos de 1988 (jun) e 1990 (jul). O maior intervalo entre observações ocorreu de 1974 a 1980, num período de sete anos (Fig. 4A). Nessa área, a ocorrência de frutos maduros foi rara.

A floração na RFD apresentou frequência anual, embora não tenha apresentado regularidade quanto à época de ocorrência, que em geral se encontra entre as estações seca e chuvosa (Fig. 2B) e apresentou correlação positiva com a temperatura mínima ($r_s = 0,22$; $p < 0,01$). Foi observada nos anos de 1974 (abr); 1975, 83, 88, 97 (jan, fev); 1976 (out, nov, dez); 1977, 95 (jan); 1978, 86 (out, nov); 1979 (abr, nov, dez); 1982, 93, 96 (nov, dez); 1984 (jul, ago, set, out, nov, dez); 1990 (nov); 1992 (mar, abr, nov, dez); 1994 (jan, fev, out); 1998 (abr, mai, set, out); 1999 (mar, abr); 00 (out). Foi registrado pico de ocorrência de indivíduos florescendo nos anos de 1983 (jan, fev), 1984 (jul, ago, set, out, nov, dez) e 1993 (nov,dez). O maior intervalo ocorreu entre 1980 a 1981, num período de dois anos, em 1989 e 1991 (Fig. 2B).

Na RFD, a produção de frutos imaturos mostrou frequência com tendência a anual, em geral na estação chuvosa (Fig. 3B), e apresentou correlação positiva significativa com a precipitação ($r_s = 0,27$; $p < 0,01$) e temperatura mínima ($r_s = 0,13$; $p < 0,05$) e correlação negativa significativa com a temperatura máxima ($r_s = - 0,12$; $p < 0,05$). Foi observada nos

anos de 1974, 1992 (mai); 1975 (mar, abr, mai, jun); 1976, 1990 (dez); 1977 (fev, mar); 1979 (mai, jun); 1983 (mar, abr, mai); 1984 (out, nov, dez); 1985 (jan, fev, mar); 1988, 1995 (abr); 1994 (mar, abr); 1997 (fev); 1998 (jun, jul); 1999 (abr, mai). Período de ocorrência de indivíduos com frutos imaturos se deu nos anos de 1975 (mar, abr, mai, jun) e 1983. O maior intervalo entre frutificação foi de 1980 a 1982, num período de três anos (Fig. 3B).

A fenofase frutos maduros mostrou tendência a frequência supra-anual na RFD, ocorrendo em geral na estação seca e transição seca chuvosa (Fig. 4B) e apresentou correlação negativa significativa com a temperatura máxima ($r_s = -0,12$; $p < 0,05$). Ocorreu nos anos de 1974, 92 (jun); 1975, 88 (mai, jun, jul); 1977 (mar, abr, mai); 1979 (jul); 1983 (mai, jun); 1984 (dez); 1985 (jan, fev, mar, abr, mai); 1994 (abr, mai, jun, jul); 1997 (mar); 1998 (ago, set, out); 1999 (jun, jul, ago), com um pico de ocorrência no ano de 1994 (abr, mai, jun, jul). Apresentou maiores intervalos (três anos) entre 1980 a 1982 e entre 1989 a 1991, de dois anos em 86-87 e 95-96 e de um ano em 78 (Fig. 4B).

Na EEST foi verificado que a maior frequência de duração ocorreu em dois meses para floração, em um e dois meses para frutos imaturos e durou um mês para frutos maduros (Tabela 1). Entretanto, a duração máxima da fenofase frutos imaturos foi mais longa do que a da floração e frutos maduros, podendo chegar a nove meses para alguns indivíduos. Na RFD, verificou-se que, a maior frequência de duração ocorreu em quatro meses, seguida de um ou dois meses para a floração; de um e dois meses para frutos imaturos e em três e um meses frutos maduros, sendo que, para a frutificação e floração o período de duração total, não excedeu seis meses (Tabela 1).

DISCUSSÃO

A floração de *Dipteryx odorata* na RFD tendeu a ocorrer principalmente na estação úmida, de outubro a fevereiro, estando correlacionada positivamente com as menores temperaturas que ocorrem nessa estação. Já na EEST a floração ocorreu de forma mais concentrada no final da estação seca e início da estação chuvosa, em setembro, outubro e novembro, com correlação positiva com a temperatura máxima nesta estação, diferindo da RFD em seu padrão e época de ocorrência. Resultados similares foram observados por Magalhães e Alencar (1979), onde, na maioria das espécies, os padrões de floração diferem entre comunidades florísticas e, inclusive, entre indivíduos de uma mesma espécie. O mesmo foi verificado por Araújo (1970), que observou a ocorrência de floração de *Caryocar villosum* no início da estação seca (julho e agosto) na RFD, embora tenha florescido no final da estação seca (setembro e outubro) na Estação Experimental de Curuá-Una, no Estado do Pará (Pereira & Pedroso, 1982). Por outro lado, Prance (1975) observou que *Couepia edulis* apresentou floração nos municípios de Coari e Tefé, no Estado do Amazonas, entre os meses de fevereiro e março (estação chuvosa), não havendo portanto diferença quanto ao padrão fenológico entre os dois locais de estudo com relação a estação climática, diferindo dos resultados encontrados para *Dipterix odorata* neste estudo.

De um modo geral a frutificação (frutos imaturos) nas duas áreas de floresta amazônica (RFD e EEST) tendeu a iniciar normalmente no período de transição de estação seca para chuvosa, estendendo-se ao período de maior precipitação, mostrando correlação positiva com a precipitação e uma tendência de produzir frutos na época de chuvas, coincidindo com o que foi verificado por Alencar *et al.* (1979) para a maioria das espécies estudadas na RFD e para as espécies estudadas na região próxima a Belém (Pará) por Cavalcante (1988). Resultados similares foram encontrados por Alencar (1994), estudando fenologia de cinco espécies

arbóreas tropicais de Sapotaceae, verificaram a correlação positiva entre frutos maduros e umidade relativa e precipitação, mostrando que essa fenofase está relacionada à estação chuvosa. No entanto, a produção de frutos maduros de *D. odorata*, apresentou intervalos variáveis nos dois locais observados, sem correlação significativa com a precipitação, embora a correlação negativa com a temperatura máxima indique uma tendência maior de frutificação no período mais úmido e de menores temperaturas. Pedroni *et al.* (2002), estudando *Copaifera langsdorffii*, não encontraram correlação significativa entre a frutificação e as variáveis climáticas consideradas, conferindo com os resultados encontrados em *Dipterix odorata*, para frutos maduros na EEST e frutos imaturos na RFD. Essa irregularidade na produção de frutos maduros sugere uma tendência de retirada dos frutos durante a maturação, conferindo com os estudos de Magalhães & Alencar (1979).

Neste estudo, a maior frequência de duração para floração e frutos imaturos, na EEST, foi de dois meses e de um mês para frutos maduros. Na RFD, a maior frequência de duração foi de quatro meses para floração e três meses para frutificação. Resultados similares foram verificados em outros estudos, como o de Alencar *et al.* (1979), em que mencionaram que a duração da floração variou de um a sete meses para as 27 espécies estudadas da RFD, sendo que a duração mais frequente, durante os 12 anos, foi de três meses; para a frutificação, a duração variou de um a nove meses, sendo a duração de cinco meses a mais frequente durante o período de 12 anos. Lima Júnior (1992), estudando cinco espécies de Lecythidaceae na Reserva Florestal Ducke, observou que a duração média da frutificação variou de três a seis meses. Almeida & Alves (2000), estudando a fenologia de duas espécies de *Psychotria* verificaram que o período de frutificação foi o evento fenológico de maior duração nas duas espécies, de 12 meses para frutos verdes e de três meses para frutos maduros.

A duração das fenofases frutos imaturos (EEST) e frutos maduros (RFD) de *D. odorata* foi sempre mais longa do que a da floração, conferindo com as observações feitas por Umaña & Alencar (1993) nos estudos com sucupira preta (*Diplotropis purpurea*), em que verificaram que a frutificação (sete meses) ocorreu num período mais longo do que o da floração (seis meses).

O extenso período de frutificação de plantas tropicais teria como explicação alternativa o fato de que, além da dispersão, as angiospermas têm também de defender seus frutos contra o dano causado por herbívoros (Krebs, 1994). As plantas reduziriam o tempo de exposição dos frutos maduros, permanecendo com frutos verdes por muitos meses, amadurecendo aos poucos ao longo do período de frutificação (Howe & Smallwood, 1982).

CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que a frequência de ocorrência das fenofases floração foi anual, ao passo que para frutificação, frutos imaturos apresentou frequência anual e frutos maduros supra-anual. As temperaturas (máxima e média) apareceram como fatores correlacionadas à produção de flores e a precipitação à produção de frutos, embora com correlações baixas. Tanto para floração quanto para frutificação o padrão fenológico foi irregular, com duração superior a cinco meses, e intervalos de até três anos entre episódios de floração e frutos imaturos e até sete anos entre episódios de frutos maduros. Portanto, sugere-se que a programação do uso racional dos produtos derivados de *Dipterix odorata*, o cumaru, deve ser muito cuidadosa, especialmente no que concerne à exploração de seus frutos. Frutos apresentaram um padrão de oferta bastante irregular, especialmente quando maduros, e uma exploração irracional pode afetar a permanência da espécie em determinadas áreas como na EEST onde o intervalo entre episódios de frutificação pode ser muito longo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Proc. nº 475412/01-0) pelo apoio financeiro e à Coordenação de Pesquisas em Clima e Recursos Hídricos (CPCRH) do Instituto Nacional de pesquisas da Amazônia (INPA) pelos dados de clima. Este trabalho é parte da tese de doutorado de A.M.P., pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UNESP – Rio Claro, com bolsa do CNPq. L.P.C.M. é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alencar, J. C. 1986. *Análise de associação estrutural de uma comunidade de floresta tropical úmida onde ocorre Aniba rosaeodora Ducke (Lauraceae)*. Tese de Doutorado em Ciências Biológicas. Curso de Pós-Graduação. INPA/FUA. 337p.
- 1988. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. IV. Interpretação de dados fenológicos em relação a elementos climáticos. *Acta Amazonica*, 18(3-4):199-209.
- 1994. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na Reserva Ducke, Manaus, AM. *Acta Amazonica*, 24(3/4):161-182.
- Alencar, J. C.; Almeida, R. A.; Fernandes, N. P. 1979. Fenologia de Espécies Florestais em Floresta Tropical Úmida de Terra Firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica* 9(1):163-198.
- Almeida, E. M. de & Alves, M. A. S. 2000. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasílica*. 14(3):335-346.
- Araújo, V. C. 1970. Fenologia de Essências Florestais Amazônicas I. *Boletim do INPA*, Manaus, (4):1-25.

- Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.20
Manaus; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso do potencial da terra. Rio
de Janeiro, 1978. 628p. Ilust., tab., 7 mapas. Levantamento de Recursos Naturais, 18.
- Cavalcante, P. B. 1988. Frutas comestíveis da Amazônia. 4 ed. Belém: Museu Paraense Emílio
Goeldi; Companhia Souza Cruz Indústria e Comércio. 279pp
- Clay, J. W.; Sampaio, P. T. B.; Clement, C. R. 1999. *Biodiversidade amazonica: exemplos e
estratégias de utilização*. SEBRAE/AM. 1. ed. Manaus: Programa de Desenvolvimento
Empresarial e Tecnológico. 409pp
- Ducke, A. & Black, G.A. (1954). Nota sobre a fitogeografia da Amazônia brasileira. *Bol. Téc.
Inst. Agron. do Norte*, 29:3-48.
- Howe, H. F. & Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of ecology and
Systematics* 13:201-228.
- Krebs, C. J. 1994. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. 4th ed.:
Harper-Collins College Publishers, New York, 801p.
- Lima Júnior, M. J. V. 1992. *Fenologia de cinco espécies de Lecythidaceae da Reserva
Florestal Ducke, Manaus, AM*. Dissertação de Mestrado INPA/FUA, Manaus, 72p.
- Loureiro, A. A., Silva, M. F. da; Alencar, J. C. 1979. *Essências madeireiras da Amazônia*.
Manaus: INPA. 187 p.
- Magalhães, L. M. S. & Alencar, J. C. 1979. Fenologia do Pau-rosa (*Aniba duckei* Kostermans),
Lauraceae, em Floresta Primária na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 9(2):227-232.
- Newstrom, L. E.; Frankie, G. W.; Baker, H. G. 1994a. A new classification for plant
phenology based on flowering patterns in lowland Tropical Rain Forest trees at La Selva,
Costa Rica. *Biotropica*, 26(2):141-159.

- Newstrom, L. E.; Frankie, G. W.; Baker, H. G.; Colwell, R. K. 1994b. Diversity of Long-term flowering Patterns. In: Hespdenheide, H. A.; Hartshorn, G. S. (Eds) 1994. *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. The University of Chicago Press, Chicago: 142-160.
- Pedroni, F.; Sanchez, M. & Santos, F. A. M. 2002. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Legumisossae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 25(2):183-194.
- Pereira, A. P. & Pedroso, L. M. 1982. Dados fenológicos das principais espécies florestais que ocorrem na Estação Experimental de Curuá-Una-Pará. Anais do Congresso Nacional Sobre Essências Nativas. São Paulo-Brasil. Edição especial. 16(2):1175-1182.
- Prance, G. T. 1975. The correct name for Castanha de Cutia (*Couepia edulis* Prance - Chrysobalanaceae). *Acta Amazonica*, 5(2):143-145.
- Revilla, J. 2000. *Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis*. SEBRAE/AM. 1. ed. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico. 405p.
- Ribeiro, M. N. G. 1976. Aspectos Climatológicos de Manaus. *Acta Amazonica*, 6(2):229-233.
- Silva, M.F.; Lisboa, P.L.B.; Lisboa, R.C.L. 1977. *Nomes vulgares de plantas amazonicas*. Belém-PA, INPA, 222p.
- Umaña, C. L. A.; Alencar, J. C. 1993. Comportamento fenológico da Sucupira-Preta (*Diplotropis purpurea* Rich. Amsh. var. *coriacea* Amsh.) na Reserva Florestal Ducke. *Acta Amazonica*, 23(1):199-211.
- Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. 1991. Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 124p.

Walter, H. & Lieth, H. 1960-67. Klimadiagramm-Weltatlas. Fisher, Jena. sem pp

Zar, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3th Edition. Prentice Hall, Upper Sanddle River, New Jersey. 662p.

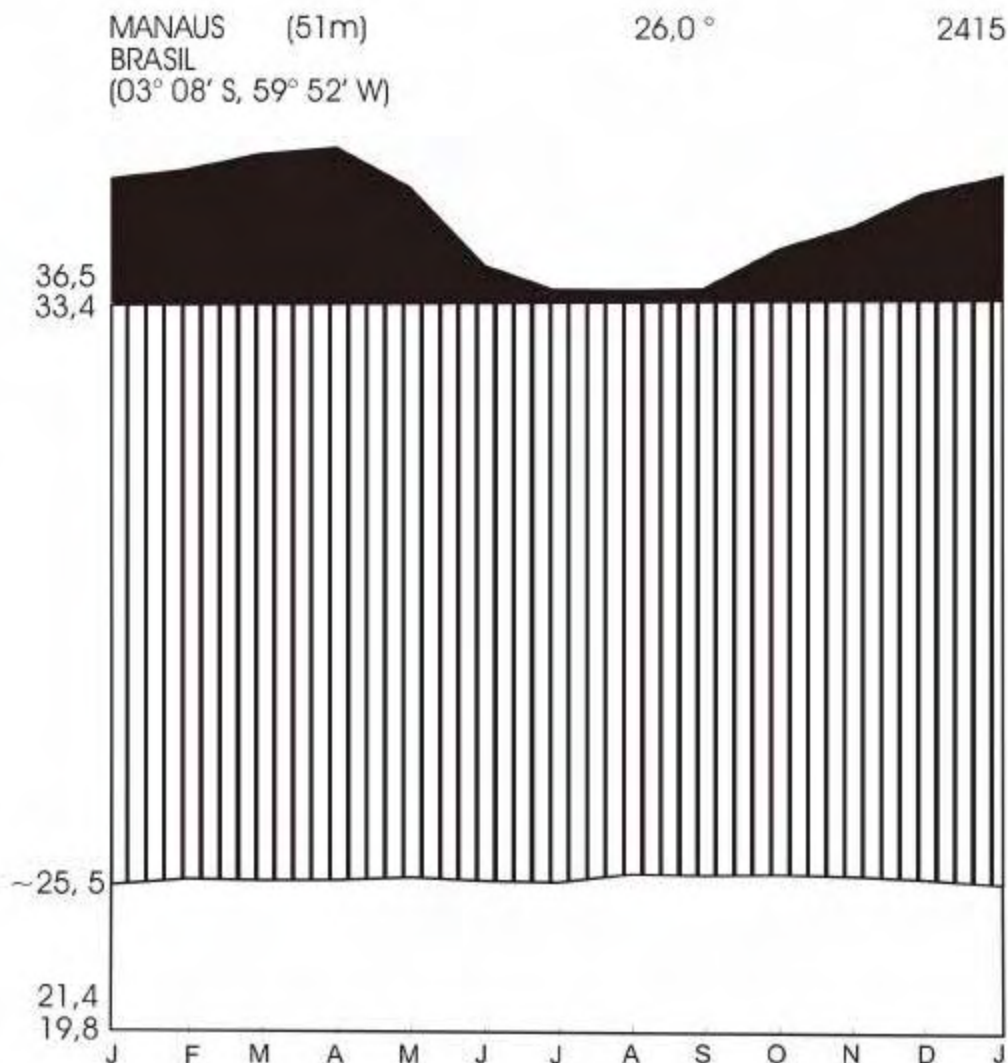


Figura 1. Diagrama climático para a região de Manaus, no período de 1974 a 2000, segundo Walter & Lieth (1960-67). A curva inferior mostra a temperatura média mensal (intervalos de 10°C no eixo y); na curva superior, a precipitação média mensal total (intervalos de 20mm no eixo y), exceto para zona preta, que representa períodos super úmidos, com precipitação superior a 100mm por mês – quando a escala é reduzida a 1/10. Zona com traços: período úmido. Acima, no gráfico, são mostradas a altitude, temperatura média anual e precipitação (mm). Temperaturas à esquerda, lidas a partir do topo, são: máxima absoluta, média das máximas do mês mais quente, variação média diária de temperatura, média das mínimas para o mês mais frio e mínima absoluta.

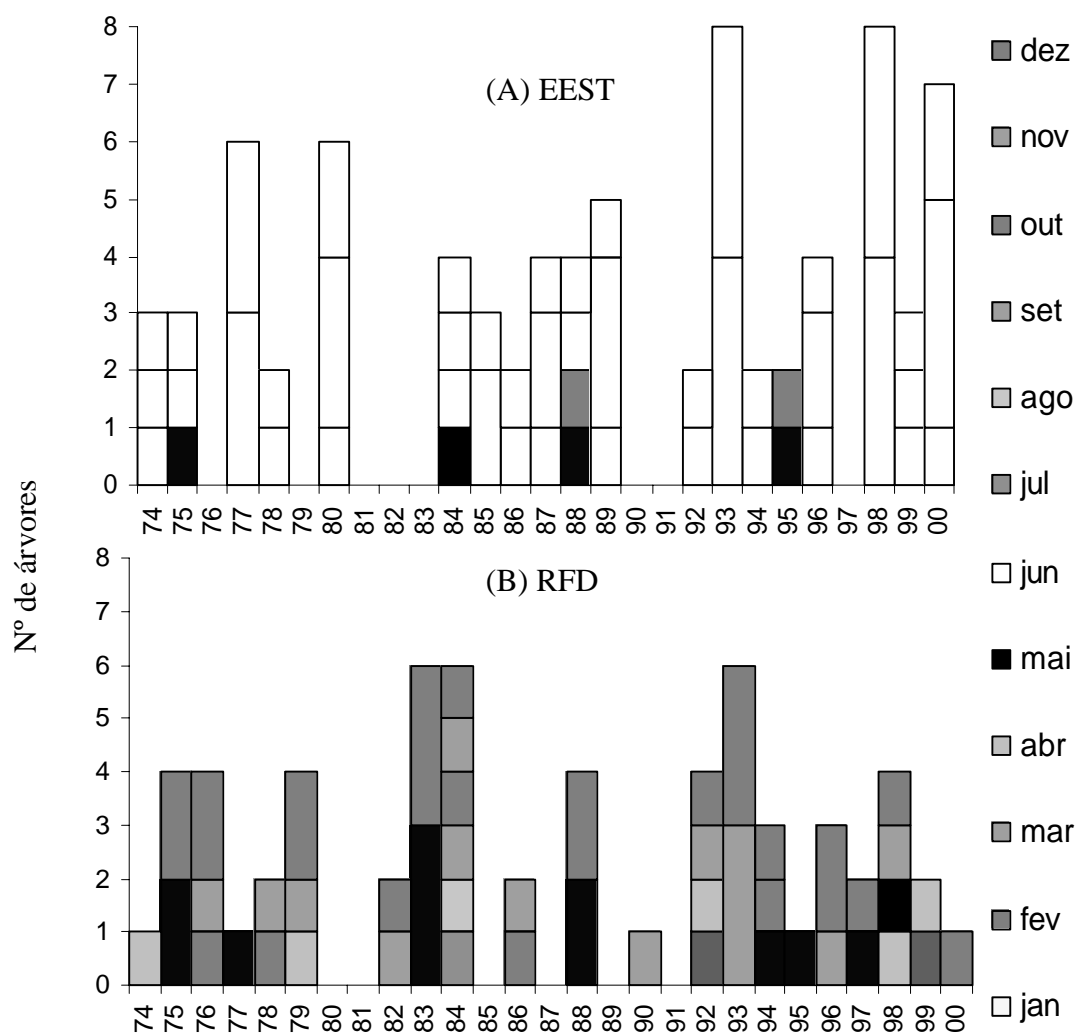


Figura 2. Padrão de floração (antese) de *Dipterix odorata* em número de árvores florescendo por mês, em cada ano de observação, em (A) Estação Experimental de Silvicultura Tropical (n=5) e em (B) Reserva Florestal Ducke (n=5), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

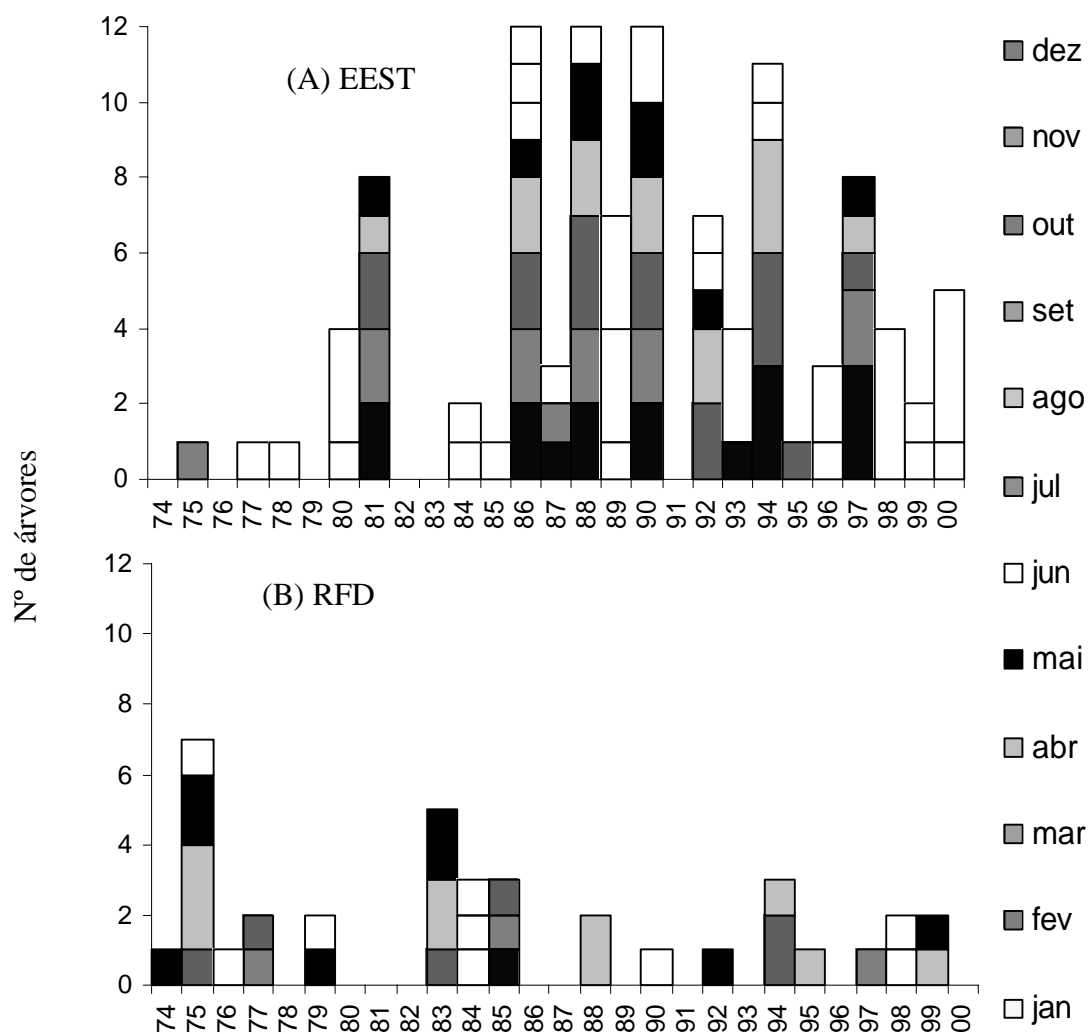


Figura 3. Padrão de frutificação (frutos imaturos) de *Dipterix odorata* em número de árvores frutificando por mês, em cada ano de observação, em (A) Estação Experimental de Silvicultura Tropical (n=5) e em (B) Reserva Florestal Ducke (n=5), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

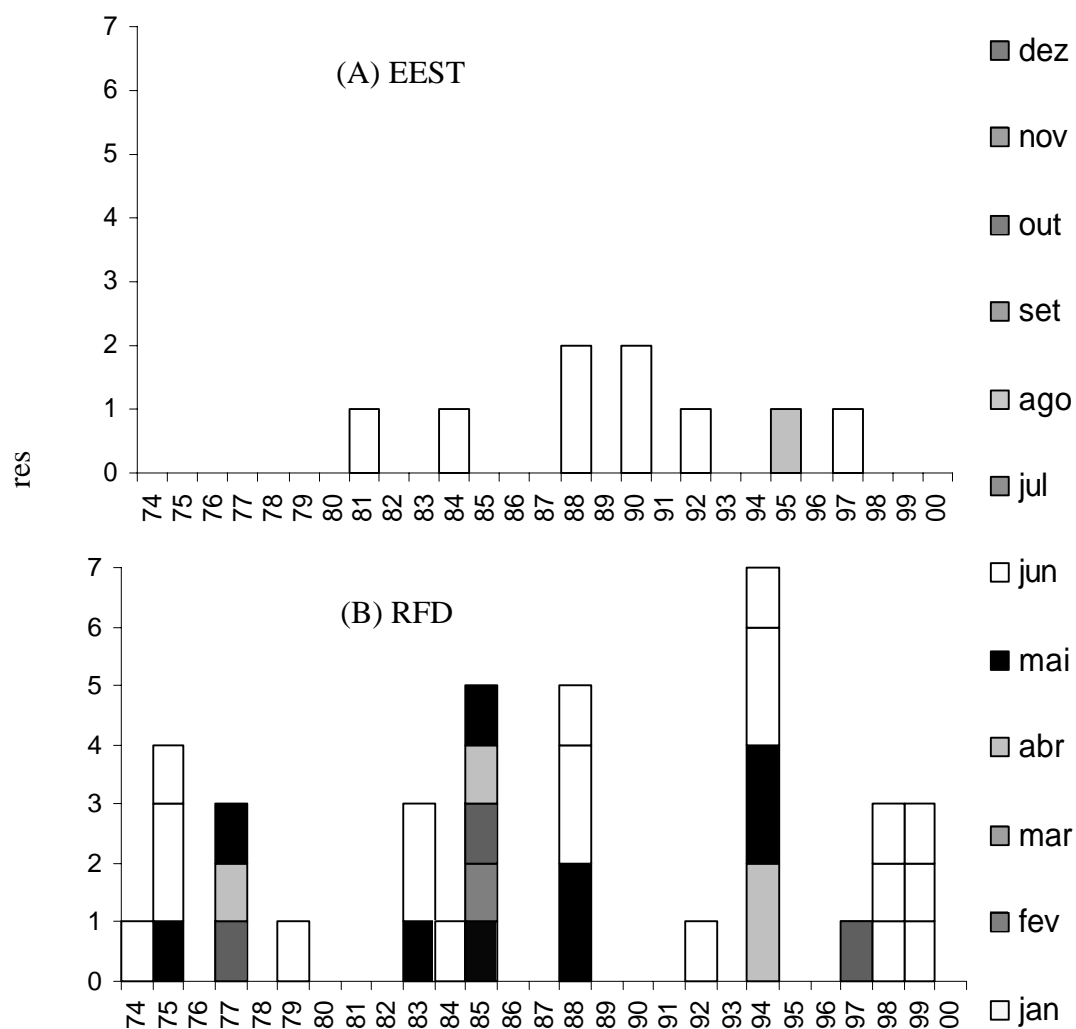


Figura 4. Padrão de frutificação (frutos maduros) de *Dipterix odorata* em número de árvores frutificando por mês, em cada ano de observação, em (A) Estação Experimental de Silvicultura Tropical (n=5) e em (B) Reserva Florestal Ducke (n=5), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

Tabela 1. Porcentagem de indivíduos de *Dipteryx odorata*, por categoria de duração de cada fenofase, na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) e Reserva Florestal Ducke (RFD), Manaus, AM. Período: 1974 a 2000.

Duração (meses)	EEST			RFD		
	floração	frutos imaturos	frutos maduros	floração	frutos imaturos	frutos maduros
1	-	31,8	100	27,8	46,7	33,3
2	57,9	31,8	-	27,8	33,3	8,3
3	26,3	-	-	5,5	6,7	41,7
4	10,5	9,1	-	33,3	6,7	8,3
5	5,3	4,5	-	-	-	-
6	-	9,1	-	5,6	6,7	8,3
7	-	9,1	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	-	4,5	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100

**CAPÍTULO 2: PADRÕES FENOLÓGICOS REPRODUTIVOS DE *Carapa guianensis*
Aubl. (MELIACEAE) EM FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Manuscrito a ser submetido a Revista Brasileira de Botânica

Padrões fenológicos reprodutivos de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) em floresta de terra firme na Amazônia Central

ANTONIO MOÇAMBITE PINTO^{1,2}, L. PATRÍCIA C. MORELLATO^{1,3} e ANTENOR PEREIRA BARBOSA²

Título resumido: Fenologia reprodutiva de *Carapa guianensis*

-
1. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Grupo de Fenologia de Plantas e Dispersão de Sementes, Caixa Postal 199, 13506-900 Rio Claro, SP, Brasil.
 2. Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Grupo de Fenologia de Espécies Florestais Nativas da Amazônia Central, Caixa Postal 478, 69011-970 – Manaus, AM, Brasil.
 3. Autor para correspondência: pmorella@rc.unesp.br

ABSTRACT – Phenological studies focused on species or groups of species of trees from tropical forests are sparse, specially considering long-term observations. The aim of this study was to analyse the reproductive phenological patterns of *Carapa guianensis* in two areas of lowland Amazon forest, Reserva Florestal Ducke (RFD) and Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), based on the time, frequency, duration and regularity of phases over 27 years of observations (1974 - 2000); to confirm the occurrence of similar patterns between areas and individuals within each area, and the influence of climatic factors. Five individuals were marked in RFD and in EEST, and were observed monthly for floral buds, open flowers, unripe and ripe fruit production. Floral buds and open flowers presented regular pattern in both areas, while unripe and ripe fruit production was irregular. They presented variation in duration and time of occurrence among years and seasons, but similar frequency of occurrence during the years. For ripe fruits this pattern was different, with intervals of up to five years of non-occurrence in RFD, and eight years in EEST. It was concluded that the frequency of occurrence of floral buds, open flowers and unripe fruits in both areas was annual, with an exception for unripe fruits in RFD. The production of unripe and ripe fruits at RFD was supra-annual, with irregular pattern and intermediate to extended duration. The influence of climatic factors in the patterns observed was not evident. Long term studies are fundamental to understand the reproductive phenological patterns and the resource availability in tropical forests.

Key words: reproductive phenology, *Carapa guianensis*, flowering, fruiting, Amazon forest, Tropical forest

RESUMO - Estudos fenológicos para espécies ou grupo de espécies arbóreas em florestas tropicais são escassos, especialmente aqueles que enfocam um período longo de observações. O objetivo deste estudo foi determinar os padrões de floração e frutificação de *Carapa guianensis* em duas áreas distintas de floresta de terra firme amazônica, a Reserva Florestal Ducke (RFD) e a Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), em termos da época, frequência, duração e regularidade das fenofases, ao longo de 27 anos de observações (1974 a 2000); verificar se esta espécie apresenta comportamento similar nas duas áreas e se responde a fatores climáticos semelhantes ao longo do tempo, e se estes padrões se mantêm entre os indivíduos, em cada área de estudo. Foram marcados cinco indivíduos na RFD e cinco na EEST e observados quanto à presença de botões florais, antese, frutos imaturos e maduros. Botões florais e antese apresentaram padrão regular nas duas áreas observadas, ao passo que para frutos imaturos e maduros, este padrão foi irregular, apresentando variação na duração e época de ocorrência entre anos e estações, mas a frequência de ocorrência foi similar nos 27 anos observados. Para frutos maduros este padrão foi diferente, com intervalos de até cinco anos sem frutos na RFD e oito anos na EEST. Portanto, a frequência de ocorrência das fenofases botões florais, antese e frutos imaturos nas duas áreas foi anual, com exceção de frutos imaturos na RFD, que juntamente com frutos maduros foram supra- anuais, todos com padrão irregular e duração de intermediária a prolongada. Estudos a longo prazo são de fundamental importância para o entendimento dos padrões fenológicos reprodutivos e de disponibilidade de recursos em florestas tropicais.

Palavras chave: fenológica reprodutiva, *Carapa guianensis*, floração, frutificação, Amazônia Central, floresta tropical.

Introdução

Estudos fenológicos enfocando espécies ou grupo de espécies arbóreas em florestas tropicais são escassos (Fournier & Charpentier 1975, Morellato & Leitão Filho 1990, Morellato et al. 1990, Webber & Gottsberger 1999, Felipe 2002, Zipparro 2004), especialmente aqueles que envolvem um período longo de observações. A maioria dos estudos fenológicos na América do Sul cobre um a dois, eventualmente três anos de observações (Morellato 2003), e tem sido conduzidas em nível de comunidade, com o objetivo de entender os ciclos de disponibilidade de recursos para animais (Newstrom *et al.* 1994, Van Schaik *et al.* 1993). Os poucos estudos de longa duração conhecidos abordam a fenologia de espécies florestais amazônicas (Alencar 1988, 1991, 1994, Lima Jr 1992, Umaña & Alencar 1993). Entretanto, apenas Ruiz & Alencar (1999) analisaram os padrões específicos e individuais de acordo com os parâmetros propostos por Newstrom *et al.* (1994a, b). Segundo Newstrom et al. (1994a), a definição dos padrões fenológicos de uma espécie, descritos em termos de sua regularidade, frequência e duração, depende de uma série longa, de 10 ou mais anos de observação. A época, frequência e duração definem o padrão fenológico da espécie, embora raramente tenham sido analisados em conjunto para a determinação desses padrões (Bawa *et al.* 2003).

A espécie *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae), a andiroba, é uma árvore com até 30 m de altura, com fuste cilíndrico, reto e sapopemas em sua base (Loureiro *et al.* 1979, Revilla 2000). Apresenta importante fator econômico-social para a Amazônia pela sua abundância e teor oleaginoso de suas sementes e pelo uso de sua madeira em carpintaria, marcenaria, construção civil e naval, laminas e compensados, móveis, caibros, obras internas, lápis, falcas de embarcações (Loureiro *et al.* 1979). O óleo da andiroba tem cor amarelo-claro, é líquido e transparente, porém, em temperatura inferior a 25°C se solidifica como vaselina (Silva *et al.* 1977, Loureiro *et al.* 1979, Clay *et al.* 1999). O estudo fenológico desta espécie permite a determinação da regularidade e previsibilidade na oferta desse recurso natural e o seu uso mais racional na Amazônia.

Este trabalho teve como objetivos: 1. determinar os padrões de floração e frutificação de *C. guianensis* ao longo de 27 anos de observações em duas áreas distintas de floresta de terra firme amazônica, a Reserva Florestal Ducke e a Estação Experimental de Silvicultura Tropical, em termos da época, frequência, duração e regularidade das fenofases; 2. verificar se esta espécie apresenta comportamento similar

nas duas áreas e se responde a fatores climáticos semelhantes ao longo do tempo; 3. determinar se estes padrões se mantêm entre os indivíduos, em cada área de estudo.

Material e Métodos

Os estudos foram desenvolvidos na Reserva Florestal Ducke (RFD), situada 26 km ao norte de Manaus, na Estrada Manaus-Itacoatiara (AM-010) com 10.072 ha., em floresta tropical úmida de terra firme (59°52'40" a 59°52'00" de longitude Oeste, e 03°00'00" a 03°08'00" de latitude Sul) (Ribeiro 1976) e na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) com 180.000 ha. (2°37' a 2°38' de latitude sul e 60°09' a 60°11' de longitude oeste), distando cerca de 45 km ao norte de Manaus na Rodovia Manaus-Caracará BR-174 (RADAM, 1978).

O clima da região é do tipo Afi, de acordo com a classificação de Köppen: A – Clima tropical praticamente sem inverno, a temperatura média para o mês mais frio nunca é inferior a 18°C; *f* – Chuvas durante todo o ano; *i* – indica isoterminia, ou seja, as oscilações anuais de temperatura média não chegam a 5°C; não há verão nem inverno (Ribeiro 1976). Os dados climatológicos utilizados no presente trabalho foram fornecidos pela Coordenação de Pesquisas em Ciência do Ambiente do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e coletados na Estação Climatológica da RFD, para as duas áreas experimentais, distando aproximadamente 30 km em linha reta da EEST. No diagrama climático obtido a partir de dados de 27 anos (entre 1974 a 2000) observa-se a existência de um período super úmido, com chuvas freqüentes alcançando médias mensais acima de 200 mm, e menores temperaturas médias, que se estende de novembro a maio, denominada estação chuvosa (Fig. 1). Um período menos úmido durante os meses de junho a outubro, com chuvas menos constantes, mas sem déficit hídrico, com precipitação média de 133,5 mm mensais e maiores temperaturas (Fig. 1), sendo considerada neste trabalho como a estação seca. O mês mais seco foi agosto e abril o mês com a maior média de precipitação (304,3 mm). A temperatura média mensal total variou entre 25,5°C e 26,7°C (Fig.1).

A vegetação predominante na região foi classificada por Ducke & Black (1954) como floresta tropical úmida. Alencar (1986) classificou a floresta da Reserva Florestal Ducke como tropical úmida de terra firme, caracterizada por grande diversidade de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas. As florestas que recobrem as áreas de estudo estão incluídas na “Floresta ombrófila Densa” da Amazônia (Veloso *et al.* 1991) e

caracterizam-se por: estarem sempre verdes, pois as árvores nunca perdem toda a folhagem ao mesmo tempo; grande número de espécies arbóreas, geralmente distribuídas em três camadas bem distintas: estrato superior ou dominante, formado por árvores dominantes, de grande porte, com diâmetro à altura do peito superior a um metro, e altura da copa, às vezes, chegando a 45 m ou mais; estrato intermediário, formado por árvores de porte menor, cujo DAP pode ir além de um metro, porém a altura da copa geralmente está abaixo de 45 m, e palmeiras; o estrato inferior é constituído por plantas arbustivas e herbáceas que podem se desenvolver em condições de forte sombra e aquelas provenientes de regeneração natural. Para descrição detalhada das áreas de estudo, ver Capítulo 2 (Pinto *et al.* 2004).

As árvores do estudo fenológico foram previamente selecionadas na floresta, segundo seu habitat, altura, DAP (diâmetro à altura do peito) e forma do fuste (Araújo 1970). Foram amostrados cinco indivíduos de *C. guianensis* na RFD e cinco na EEST. Os indivíduos foram observados com auxílio de um binóculo para o registro das fenofases. Serão analisados dados do período de janeiro de 1974 a dezembro de 2000. Observações fenológicas foram mensais, feitas como descrito por Alencar *et al.* (1979), sendo analisadas, neste estudo, as fenofases floração: dividida em período de produção de botões florais (botões florais aparecendo) e período de antese das flores (floração adiantada, árvore totalmente florada); frutificação: dividida em período com frutos imaturos (frutos novos aparecendo) e com frutos maduros (frutos maduros presentes).

Os padrões fenológicos foram descritos segundo Newstrom *et al.* (1994a e b) de acordo com sua época de ocorrência, frequência - número de ciclos com e sem fenofases por ano; regularidade - dada pela variabilidade de época de ocorrência e duração das fases, sendo duração o tempo em meses que um indivíduo permanece em uma dada fase.

Os dados fenológicos tanto da RFD como da EEST foram armazenados através do programa FENOLOG, desenvolvido pela Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical do INPA (CPST/INPA,) em linguagem Dbase para DOS, e transferidos para o banco de dados Fenológicos desenvolvido pelo CRIA para gerar as séries temporais (www.cria.org.br/fenologia). Foram calculadas as relações entre os dados fenológicos e as variáveis climáticas, por meio de análise não paramétrica de correlação linear de Spearman (Zar 1996) considerando os valores médios mensais das variáveis climáticas (precipitação e temperaturas) no período de 27 anos.

Resultados

Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) - A fenofase botão floral de *C. guianensis* apresentou freqüência anual, ocorrendo normalmente no início da época chuvosa e apresentou correlação positiva com a temperatura mínima ($r_s = 0,11$; $p < 0,05$) e comprimento do dia ($r_s = 0,24$; $p < 0,01$). A época de maior produção de botões florais no período de estudo ocorreu nos anos de 1975 (jan e nov), 1979 (fev, set e out), 1980 (out e dez) e os maiores intervalos foram observados entre 1989 a 1991 num período de três anos (Fig. 2A). Foram observado botões nos anos de 1975 (jan e nov); 1976 (nov, dez); 1977, 78, 88 e 96 (nov); 1979 (fev, set e out); 1980 (out e dez); 1982, 93 e 98 (set); 1983 (jan); 1984, 86, 94, 95 e 97 (out); 1987 (dez); 1992 (mar e dez); 1999 (fev). Dos cinco indivíduos observados no período, o mais freqüente foi o indivíduo 222, produzindo botões em anos diferenciados, nos meses de janeiro a março e de setembro a dezembro; o menos freqüente foi o 223, ocorrendo somente em outubro do ano de 1979 e 1980 (Tabela 2).

A antese de *C. guianensis* apresentou freqüência anual, ocorrendo em geral na estação chuvosa, e apresentou correlação positiva com a temperatura mínima ($r_s = 0,14$; $p < 0,01$) e comprimento do dia ($r_s = 0,37$; $p < 0,01$). A época de maior produção de flores ocorreu nos anos de 1975 (jan, fev, nov, dez), 1979 (jan, fev, set, out, nov), 1980 (out, nov, dez) e 1988 (jan, nov, dez) e os maiores intervalos foram observados entre 1989 a 1991 num período de três anos (Fig. 3A). Foi observada antese nos anos de 1975 (jan, fev, nov, dez); 1976, 77, 78, 96 (nov, dez); 1979 (jan, fev, set, out, nov); 1980 (out, nov, dez); 1982, 98 (set, out); 1983 (jan, fev); 1984, 86, 94, 97 (out, nov); 1987 (dez); 1988 (jan, nov, dez); 1992 (mar, abr, dez); 1993 (jan, set, out); 1999 (fev). O indivíduo 222 foi que mais freqüentemente produziu flores no período de estudo, ocorrendo em anos diferenciados nos meses de janeiro a abril e de setembro a dezembro, permanecendo dois meses seguidos no mesmo ano, com exceção de dezembro de 1987 a janeiro de 1988 e de dezembro de 1992 a janeiro de 1993; o menos freqüente foi o 223, ocorrendo somente nos meses de outubro, novembro e dezembro dos anos de 1979 e 1980 respectivamente (Tabela 2).

A produção de frutos imaturos também apresentou freqüência anual, recaindo em geral na estação úmida, principalmente em dez, jan e fev (Fig. 4A), apresentando correlação positiva significativa com a precipitação ($r_s = 0,19$; $p < 0,01$), temperatura mínima ($r_s = 0,20$; $p < 0,01$) e comprimento do dia ($r_s = 0,25$; $p < 0,01$) e correlação negativa

significativa com a temperatura máxima ($r_s=-0,24$; $p<0,01$). O maior pico ocorreu nos anos de 1979 (fev, nov, dez) e 1981 (jan, fev), e o maior intervalo foi observado entre 1990 e 1991 num período de dois anos. Foram observados frutos imaturos nos anos de 1975 (mar, abr); 1976, 84, 86 (dez); 1977, 80, 87 (jan); 1978 (jan, fev, dez); 1979 (fev, nov, dez); 1981, 89, 96 (jan, fev); 1982 (nov, dez); 1983 (mar); 1988 (fev, mar); 1992 (mai, jun, jul, ago, set, out); 1993 (mar, abr, mai, nov, dez); 1994 (jan, dez); 1995 (jan, fev, mar); 1997 (jan, fev, mar, abr, mai, dez); 1998 (jan, fev, nov, dez); 1999 (jan, fev, mar, abr, mai). Dos cinco indivíduos observados no período, o indivíduo 222 foi que mais vezes produziu frutos imaturos, ocorrendo normalmente em meses seguidos no mesmo ano, com no máximo seis meses (maio a outubro de 1992) e em anos diferenciados (dezembro de 1986 a janeiro de 1987; novembro de 1993 a janeiro de 1994; dezembro de 1994 a maio de 1995; dezembro de 1995 a fevereiro de 1996 e dezembro de 1997 a fevereiro de 1998); o que menos produziu foi o 223, com frutos imaturos somente nos meses de janeiro e fevereiro de 1981 (Tabela 2).

A fenofase “frutos maduros” apresentou padrão supra-anual na EEST, na estação chuvosa (Fig. 5A), apresentando correlação positiva significativa com a precipitação ($r_s=0,12$; $p<0,05$) e temperatura mínima ($r_s=0,11$; $p<0,05$). Apresentou pico de ocorrência nos anos de 1983 (mar), 1987 (fev) e 1988 (abr) e os maiores intervalos entre observações ocorreram de 1975 a 1982 e 1989 a 1993, em períodos de oito e cinco anos, respectivamente (Fig. 5A). Nesta área, a ocorrência de frutos maduros foi considerada rara. Frutos maduros foram observados nos anos de 1974, 83, 94, 98 (mar); 1985 (jan); 1987 (fev); 1988, 95 (abr); 1997 (jun); 1999 (abr, jun), com exceção do ano de 1997. Dos cinco indivíduos observados no período, o indivíduo 222 foi que mais vezes produziu frutos maduros, ocorrendo em anos diferenciados nos meses de fevereiro a abril; os indivíduos 223 e 225 não apresentaram frutos maduros (Tabela 2).

Reserva Florestal Ducke (RFD) - Na RFD, a fenofase botões florais também apresentou frequência anual, ocorrendo normalmente no início da época chuvosa, e apresentou correlação positiva com a temperatura máxima ($r_s=0,12$; $p<0,05$) e comprimento do dia ($r_s=0,21$; $p<0,01$). A época de maior produção de botão floral ocorreu nos anos de 1976 (jan, nov e dez) e 1977 (nov e dez), e os maiores intervalos ocorreram entre 90 a 92 e 97 a 98, num período de três e dois anos, respectivamente (Fig. 2B). Foram observados botões nos anos de 1974 e 87 (jul); 1976 (jan, nov e dez); 1977 e 95 (nov e dez); 1979 (fev, ago, set e out); 1981, 82, 89 e 00 (nov); 1983 (out e nov); 1984 (fev, out, nov e dez); 1985 (jun); 1993 (ago); 1996 (out); 199 (set, out e nov). Dentre os

cinco indivíduos observados no período, o mais freqüente foi o 460, produzindo botões normalmente em anos diferenciados nos meses de junho a dezembro e às vezes dois meses seguidos no mesmo ano; o que menos vezes produziu foi o 461, ocorrendo geralmente nos meses de janeiro, junho, novembro e dezembro (Tabela 2).

A antese, na RFD, apresentou freqüência anual, embora não tenha apresentado regularidade quanto à época de ocorrência, apresentando correlação positiva significativa com o comprimento do dia ($r_s=0,33$; $p<0,01$). Foi registrado pico de ocorrência nos anos de 1976 (jan, fev, dez) e 1977 (jan, dez) e os maiores intervalos ocorreram entre 1974 a 1975, 91 a 92 e 97 a 98, num período de dois anos, respectivamente (Fig. 3B). A antese foi observada nos anos de 1976 (jan, fev, dez); 1977 (jan, dez); 1978, 90 (jan); 1979 (fev, set, out, nov, dez); 1981 (nov, dez); 1982, 83, 00 (jan, nov, dez); 1984 (fev, mar, out, nov, dez); 1985 (jan, jun, jul) 1987 (jul, ago); 1989 (nov); 1993 (ago, set); 1995 (dez); 1996, 99 (out, nov, dez). Dos cinco indivíduos observados no período, o indivíduo 460 foi que mais vezes produziu flores, ocorrendo nos meses de janeiro a março e de junho a dezembro, com exceção de novembro de 1982 a janeiro de 1983; os que produziram menos vezes foram os indivíduos 461 e 462, ocorrendo nos meses de janeiro, fevereiro, junho, julho, outubro, novembro e dezembro (Tabela 2).

Na RFD, fruto imaturo apresentou padrão supra-anual, ocorrendo em geral na época de maior precipitação. Os picos de ocorrência ocorreram nos anos de 1974 (jan), 1982 (fev, mar), 1983 (mar, abr) e 1997 (jan, fev, mar, abr, mai, jun); os maiores intervalos ocorreram entre 1977 a 1981 num período de cinco anos, entre 1994 a 1996 e 1998 a 2000, num período de três anos, respectivamente (Fig. 4B). Foram observados frutos imaturos nos anos de 1974, 85 (jan); 1976, 90 (mar); 1982 (fev, mar); 1983 (mar, abr); 1984 (mai); 1987 (set, out); 1993 (out); 1997 (jan, fev, mar, abr, mai, jun). Dos cinco indivíduos observados no período, o indivíduo 460 foi que mais vezes produziu frutos imaturos, ocorrendo de janeiro a maio, permanecendo as vezes dois meses seguidos no mesmo ano; o que menos vezes produziu foi o 462, ocorrendo somente em janeiro de 1974 (Tabela 2).

A fenofase frutos maduros na RFD apresentou freqüência supra-anual. Embora não tenha apresentado regularidade quanto a época de ocorrência, tendeu a ocorrer na época chuvosa (Fig. 5B) e apresentou correlação positiva significativa com a precipitação ($r_s=0,12$; $p<0,05$). Foi registrado pico de ocorrência no ano de 1974 (fev), 1983 (mai, jun) e 1997 (mar, abr, mai, jun) e os maiores intervalos foram entre 1977 a 1981, num período de cinco anos, e entre 1994 a 1996 e 1998 a 2000 (três anos) (Fig. 4B). Foram

observados frutos maduros nos anos de 1974, 85 (fev); 1976, 82, 90 (abr) 1983 (mai, jun); 1987 (out, nov); 1993 (nov); 1997 (mar, abr, mai, jun). Dos cinco indivíduos observados no período, o indivíduo 460 foi que mais vezes produziu fruto maduro, ocorrendo em anos diferenciados, as vezes dois meses seguidos no mesmo ano, com exceção de março a junho de 1997; os que produziram menos vezes foram os indivíduos 461 e 462, ocorrendo somente em fevereiro de 1974 (Tabela 2).

Na EEST verificou-se que, para a antese e frutos imaturos a maior frequência de duração ocorreu em dois meses e durou um mês para botões florais e frutos maduros. Entretanto, a duração da fenofase frutos imaturos foi mais longa do que a da floração (botões florais e antese) e frutos maduros, chegando a sete meses para alguns indivíduos (Tabela 1). Na RFD, verificou-se que, para antese a maior frequência de duração ocorreu em dois meses e para botões florais, frutos imaturos e maduros um mês, sendo que o período de duração total da frutificação foi superior ao da floração, porém não excedeu seis meses (Tabela 1).

Discussão

A floração (botões florais e antese) de *Carapa guianensis*, na EEST e RFD, ocorreu no início da época chuvosa, não diferindo o padrão fenológico quanto a época (estação climática) entre os dois locais de estudo. O mesmo foi verificado por Prance (1975), que observou a ocorrência de floração de *Couepia edulis*, em locais dos Municípios de Coarí e Tefé, no Estado do Amazonas, entre os meses de fevereiro e março (estação chuvosa), não havendo, portanto diferença quanto ao padrão fenológico entre locais estudados. Araújo (1970) observou a ocorrência de floração de *Caryocar villosum* nos meses de julho e agosto na RFD, na estação seca; e floresceu nos meses de setembro e outubro na Estação Experimental de Curuá-Una, no Estado do Pará, também na estação seca (Pereira & Pedroso 1982). No presente trabalho, observou-se que nas duas áreas a floração apresentou correlação linear positiva com a temperatura mínima. Alencar *et al.* (1979), estudando fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme, encontrou correlação do tipo linear negativa entre a floração e umidade relativa e não observou correlação com a temperatura.

A frutificação nas duas áreas de floresta amazônica estudadas também ocorreu na época chuvosa (novembro a maio) e apresentou correlação linear positiva significativa com a precipitação mostrando uma tendência de produzir frutos na estação úmida,

coincidindo com o que foi verificado por Alencar *et al.* (1979) para a maioria das espécies estudadas na RFD e para espécies estudadas na região próxima a Belém (Pará), por Cavalcante (1988). No entanto, a produção de frutos maduros de *C. guianensis* nas duas áreas de estudo apresentou frequência menor que frutos imaturos, sugerindo uma tendência a retirada dos frutos ou predação antes da maturação, conferindo com os estudos de Magalhães & Alencar (1979) e Pinto *et al.* (2004 – Capítulo 2), analisando a produção de frutos maduros em floresta amazônica. Alencar *et al.* (1979) estudando fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme encontraram correlação do tipo linear positiva entre frutificação e temperatura máxima absoluta e correlação do tipo linear negativa entre início da frutificação e umidade relativa. Ainda Alencar (1994), estudando fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de Sapotaceae, verificou que a correlação de frutos maduros com a umidade relativa e precipitação foi positiva, mostrando que essa fenofase está relacionada à estação chuvosa. Os resultados obtidos indicaram a precipitação como principal fator relacionado à frutificação. Por outro lado, Ferraz *et al.* (1999) indicaram que a influência do clima na produção de frutos é bastante complexa e talvez a época favorável para frutificação seja influenciada por outros fatores. Takahasi (1998) define o período desta fenofase como decorrente do tempo necessário para o amadurecimento dos frutos. Morellato *et al.* (2000) atribuíram esse período aos fatores bióticos (dispersores).

Para a espécie em estudo nas duas áreas, a ocorrência de floração e frutificação, em nível de indivíduo, foi irregular, com variação de até dez (RFD) e vinte (EEST) anos para floração e de até 26 (RFD) e 20 (EEST) anos para frutificação, sem os indivíduos apresentarem estas fenofases. Juiz & Alencar (1999), em estudos fenológicos na RFD, observaram também padrão irregular, com variação de até 14 anos sem os indivíduos de *Licania octandra* var. *pallida* apresentarem floração.

Nas duas áreas estudadas a maior frequência de duração da floração para *C. guianensis* ocorreu em dois meses, coincidindo com resultados verificados em outros estudos em floresta amazônica. Alencar *et al.* (1979) observaram, para as 27 espécies estudadas da RFD, duração de um a sete meses para floração, sendo que a duração mais frequente, durante os 12 anos analisados, foi de três meses. A duração da frutificação em *C. guianensis* foi curta, de um a dois meses, nas duas áreas de estudo, diferindo das durações mais longas geralmente relatadas para outras espécies amazônicas. A duração da frutificação para as 27 espécies estudadas da RFD variou de um a nove meses, sendo a duração de cinco meses a mais frequente em 12 anos de

observações (Alencar *et al.* 1979). Lima Júnior (1992), estudando cinco espécies de Lecythidaceae na Reserva Florestal Ducke, observou que a duração média da frutificação variou de três a seis meses. Juiz & Alencar (1999) estudando cinco espécies de Chrysobalanaceae na Reserva Florestal Ducke, observaram que a duração da floração e frutificação variou entre espécies porém, a maior duração foi de um a quatorze meses para *Licania octandra* var *pallidor* e a menor de um a dois meses para *Couepia robusta*.

A curta duração da frutificação observada em *C. guianensis* fica mais próxima do observado para árvores de floresta atlântica. Morellato *et al.* (2000), analisando a fenologia de 195 espécies arbóreas de floresta atlântica, relataram maior frequência de duração da floração em um e dois meses e de frutificação em um mês, com duração total da frutificação em média maior (1 a 6 meses) do que da floração (1 a 5 meses). A duração da fenofase frutos imaturos (EEST) de *C. guianensis* foi mais longa do que a da floração (botões florais e antese) e frutos maduros, sendo que na RFD o período de duração total da frutificação foi mais longo do que a floração. Umaña & Alencar (1993), estudando sucupira preta (*Diplotropis purpurea*), verificaram que a frutificação (sete meses) ocorreu num período mais longo do que o da floração (seis meses). A duração do período de frutificação de plantas tropicais teria como explicação alternativa o fato de que, além da dispersão, as angiospermas têm também que defender seus frutos contra o dano causado por herbívoros (Krebs 1994). As plantas podem reduzir o tempo de exposição dos frutos maduros, permanecendo com frutos verdes por muitos meses, amadurecendo aos poucos ao longo do período de frutificação (Howe & Smallwood 1982).

Portanto, a frequência de ocorrência das fenofases botões florais, antese e frutos imaturos nas duas áreas foi anual, na mesma estação, com exceção de frutos imaturos na RFD, que juntamente com frutos maduros foram supra-anuais, com padrão irregular e duração de intermediária a prolongada. A participação dos indivíduos na definição das fenofases foi irregular, com grandes intervalos de atividade, mostrando que estudos a longo prazo são de fundamental importância para o entendimento dos padrões fenológicos reprodutivos e de disponibilidade de recursos em florestas tropicais.

Agradecimentos

Ao CNPq (Proc. nº 475412/01-0) pelo apoio financeiro e à Coordenação de Pesquisas em Clima e Recursos Hídricos (CPCRH) do Instituto Nacional de pesquisas da Amazônia (INPA) pelos dados de clima. Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UNESP – Rio Claro, pela concessão da bolsa do CNPq a A.M.P. L.P.C.M. é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Referências bibliográficas

- ALENCAR, J. C. 1986. Análise de associação estrutural de uma comunidade de floresta tropical úmida onde ocorre *Aniba rosaeodora* Ducke (Lauraceae). Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação, INPA/FUA, Manaus, Amazonas.
- 1988. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. IV. Interpretação de dados fenológicos em relação a elementos climáticos. Acta Amazonica, 18(3-4):199-209.
- 1994. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na Reserva Ducke, Manaus, AM. Acta Amazonica, 24(3/4):161-182.
- ALENCAR, J. C., ALMEIDA, R. A. & FERNANDES, N. P. 1979. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. Acta Amazonica 9(1):163-198.
- ARAÚJO, V. C. 1970. Fenologia de essências florestais amazônicas I. Boletim do INPA, Manaus, (4):1-25.
- BAWA, K. S., H. S. KANG, & M. H. GRAYUM. 2003. Relationships among time, frequency, and duration of flowering in tropical rain forest trees. American Journal of Botany, 90: 877-887.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.20 Manaus; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso do potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978. 628p. Ilust., tab., 7 mapas. Levantamento de Recursos Naturais, 18.
- CAVALCANTE, P. B. 1988. Frutas comestíveis da Amazônia. Belém: Museu Paraense
- CLAY, J. W., SAMPAIO, P. T. B & CLEMENT, C. R. 1999. Biodiversidade amazonica: exemplos e estratégias de utilização. SEBRAE/AM. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico.

- DUCKE, A. & BLACK, G. A. (1954). Nota sobre a fitogeografia da Amazônia brasileira. Bol. Téc. Inst. Agron. do Norte, 29:3-48.
- FELIPE, A. P. L. COSTA, 2002. Fenologia de árvores tropicais. La Insígnia. Brasil.
- FERRAZ, D. K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W. & MAGALHÃES, L. M. 1999. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. *Revista brasileira de Biologia*. 59(2):305-317.
- FOURNIER, L. A.; CHARPANTIER, C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. Turrialba, 25(1): 45-48.
- HOWE, H. F. & SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. Annual Review of ecology and Systematics 13:201-228.
- KREBS, C. J. 1994. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. Harper-Collins, New York.
- LIMA JÚNIOR, M. J. V. 1992. Fenologia de cinco espécies de Lecythidaceae da Reserva Florestal Ducke, Manaus, AM. Dissertação de Mestrado, INPA/FUA, Manaus, Amazonas.
- LOUREIRO, A. A., SILVA, M. F. DA & ALENCAR, J. C. 1979. Essências madeireiras da Amazônia. INPA, Manaus v.1,2.
- MAGALHÃES, L. M. S. & ALENCAR, J. C. 1979. Fenologia do Pau-rosa (*Aniba duckei* Kostermans), Lauraceae, em Floresta Primária na Amazônia Central. Acta Amazonica, 9(2):227-232.
- MORELLATO, L. P. C. 2003. Phenological data, networks, and research: South América. In Phenology: An Integrative Environmental Science (M. D. Schwartz, ed.). Kluwer Academic Publishers Dordrecht/Boston/London, p. 75-92.
- MORELLATO, L. P. C. & LEITÃO FILHO, H. F. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta semidecídua na Serra do Japí, Jundiaí, São Paulo. Revista Brasileira de Biologia, 50(1): 163-173.
- 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, Jundiaí, SP. Revista Brasileira de Biologia, 50(1):149-162.
- MORELLATO, L. P. C., TALORA, D. C., TAKAHASI, A., BENCKE, C. C., ROMERA, E. C. & ZIPPARRO, V. B. 2000. Phenology of atlantic Forest trees: a comparative study. Biotropica, 32(4b):811-823.

- NEWSTROM, L. E., FRANKIE, G. W. & BAKER, H. G. 1994a. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland Tropical Rain Forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, 26(2):141-159.
- NEWSTROM, L. E., FRANKIE, G. W., BAKER, H. G. & COLWELL, R. K. 1994b. Diversity of Long-term flowering Patterns. In: Hespdenheide, H. A.; Hartshorn, G. S. (Eds) 1994. *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. The University of Chicago Press, Chicago.
- PEREIRA, A. P. & PEDROSO, L. M. 1982. Dados fenológicos das principais espécies florestais que ocorrem na Estação Experimental de Curuá-Una-Pará. *Anais do Congresso Nacional Sobre Essências Nativas*. São Paulo-Brasil. Edição especial. 16(2):1175-1182.
- PINTO, A. M., MORELLATO, L. P. C. & BARBOSA, A. P. Fenologia reprodutiva de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Fabaceae) em duas áreas experimentais na Amazônia Central. (dados não publicados).
- PRANCE, G. T. 1975. The correct name for Castanha de Cutia (*Couepia edulis* Prance - Chrysobalanaceae). *Acta Amazonica*, 5(2):143-145.
- REVILLA, J. 2000. Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis. SEBRAE/AM. 1. ed. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico.
- RIBEIRO, M. N. G. 1976. Aspectos Climatológicos de Manaus. *Acta Amazonica*, 6(2):229-233.
- RUIZ, J. E. A. & ALENCAR, J. C. 1999. Interpretação fenológica de cinco espécies de Chrysobalanaceae na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 29(2):223-242.
- SILVA, M. F., LISBÔA, P. L. B. & LISBÔA, R. C. L. 1977. Nomes vulgares de plantas amazônicas. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas.
- TAKAHASI, A. 1998. Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP. Rio Claro, São Paulo, 1998. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- UMAÑA, C. L. A. & ALENCAR, J. C. 1993. Comportamento fenológico da Sucupira-Preta (*Diplotropis purpurea* Rich. Amsh. var. *coriacea* Amsh.) na Reserva Florestal Ducke. *Acta Amazonica*, 23(1):199-211.

- VELOSO, H. P., RANGEL FILHO, A. L. R. & LIMA, J. C. A. 1991. Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
- VAN SCHAIK, C. P., TERBORGH, J. W. & WRIGTH, S. J. 1993. The Phenology of Tropical Forests - Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24: 353-377.
- WEBBER, A. C., & G. GOTTSBERGER. 1999. Phenological patterns of six *Xylopia* (Annonaceae) species in Central Amazonia. *Phyton-Annales Rei Botanicae* 39: 293-301.
- ZAR, J. H. 1996. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey.
- ZIPPARRO, V. B. 2004. Fenologia reprodutiva da comunidade arbórea em floresta atlântica no Parque Estadual Intervales, São Paulo. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação, Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, São Paulo.

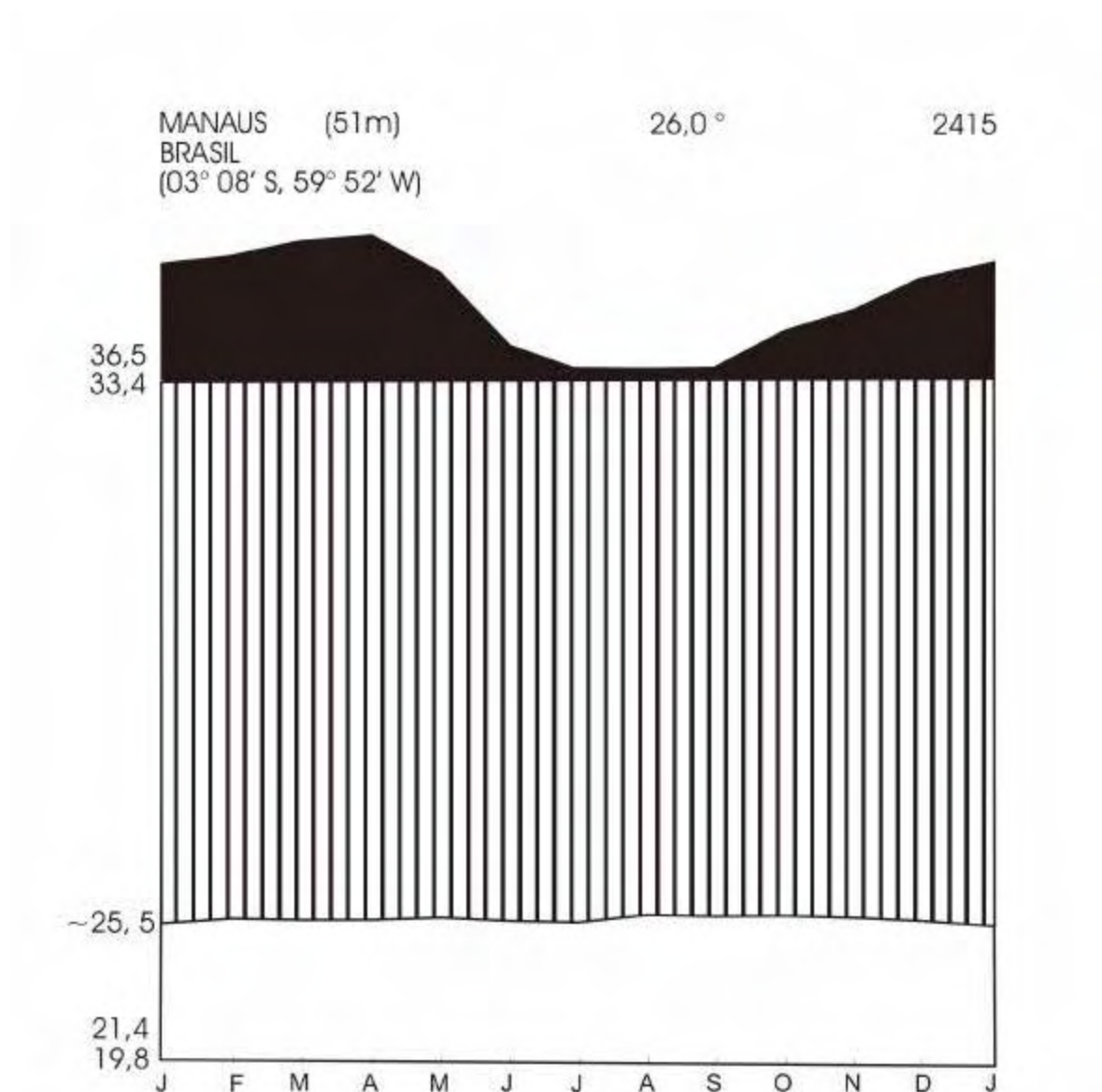


Figura 1. Diagrama climático para a região de Manaus, no período de 1974 a 2000, segundo Walter & Lieth (1960-67). A curva inferior mostra a temperatura média mensal (intervalos de 10°C no eixo y); na curva superior, a precipitação média mensal total (intervalos de 20mm no eixo y), exceto para zona preta, que representa períodos super úmidos, com precipitação superior a 100mm por mês – quando a escala é reduzida a 1/10. Zona com traços: período úmido. Acima, no gráfico, são mostradas a altitude, temperatura média anual e precipitação (mm). Temperaturas à esquerda, lidas a partir do topo, são: máxima absoluta, média das máximas do mês mais quente, variação média diária de temperatura, média das mínimas para o mês mais frio e mínima absoluta.

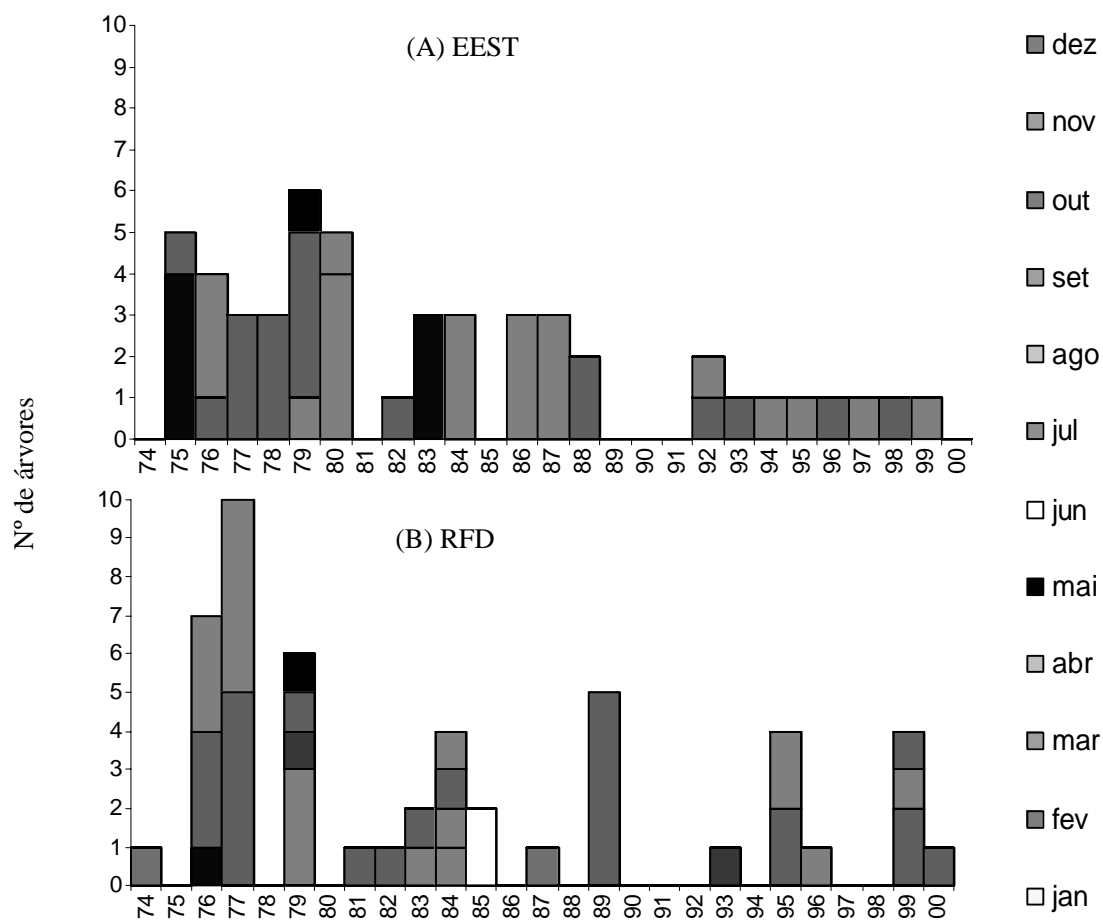


Figura 2. Padrão de floração (botões florais) de *Carapa guianensis* em número de árvores com botões florais por mês, em cada ano de observação, em (A) Estação Experimental de Silvicultura Tropical - EEST (n=5) e em (B) Reserva Florestal Ducke - RFD (n=5), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus, AM.

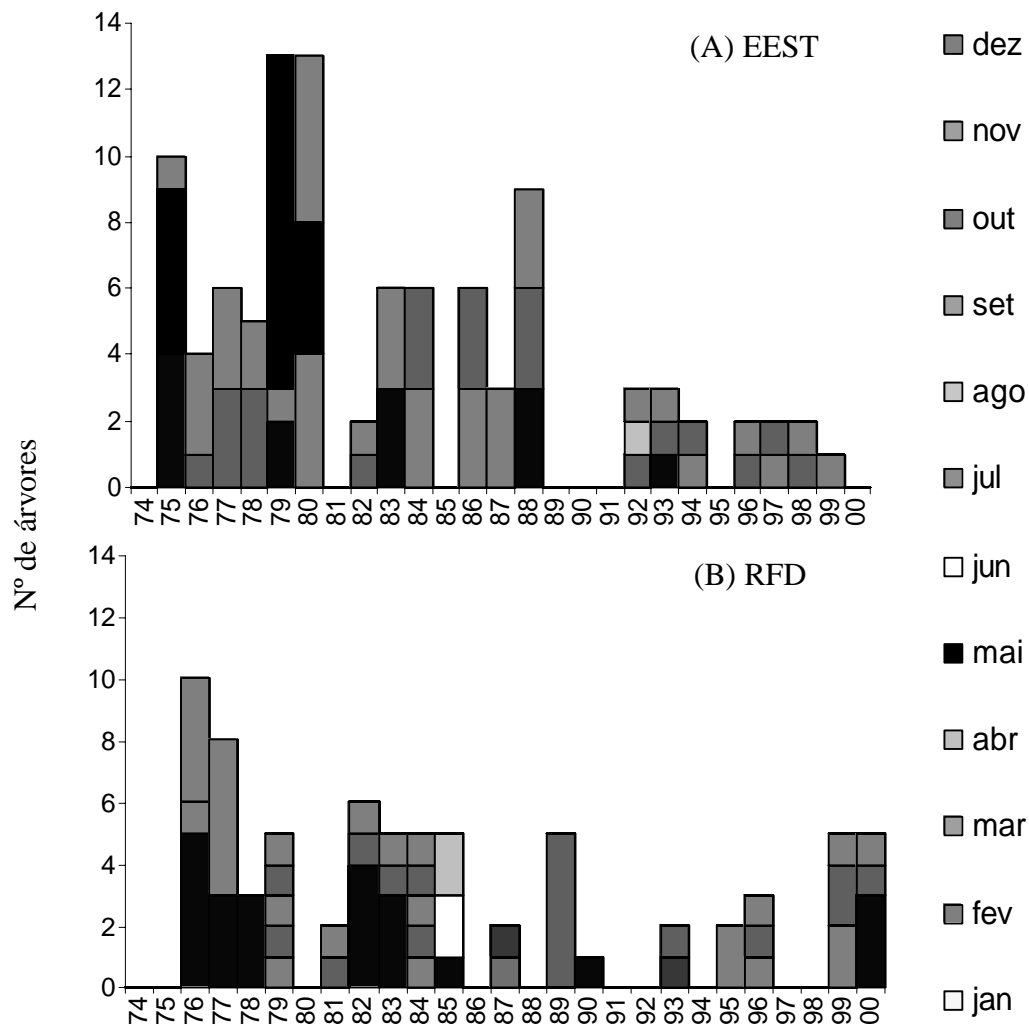


Figura 3. Padrão de floração (antese) de *Carapa guianensis* em número de árvores florescendo por mês, em cada ano de observação, em (A) Estação Experimental de Silvicultura Tropical (n=5) e em (B) Reserva Florestal Ducke (n=5), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

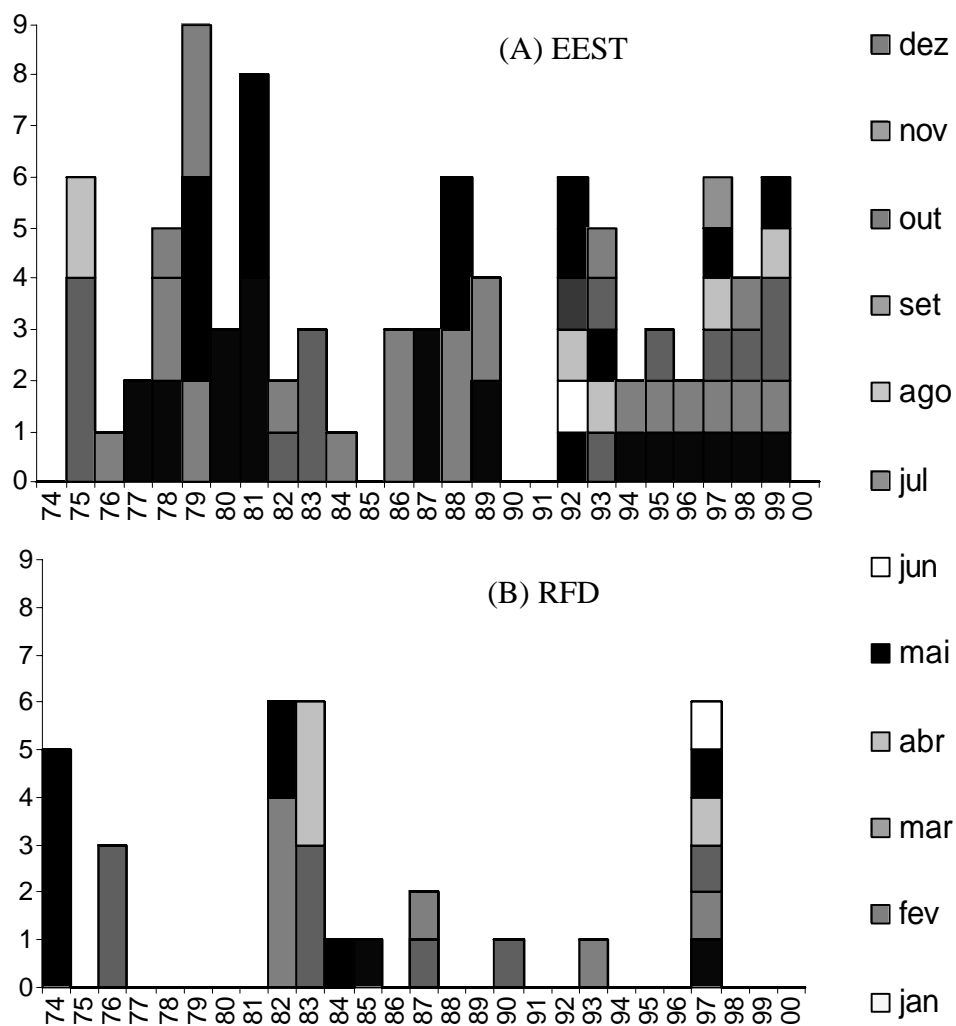


Figura 4. Padrão de frutificação (frutos imaturos) de *Carapa guianensis* em número de árvores frutificando por mês, em cada ano de observação, em (A) Estação Experimental de Silvicultura Tropical (n=5) e em (B) Reserva Florestal Ducke (n=5), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

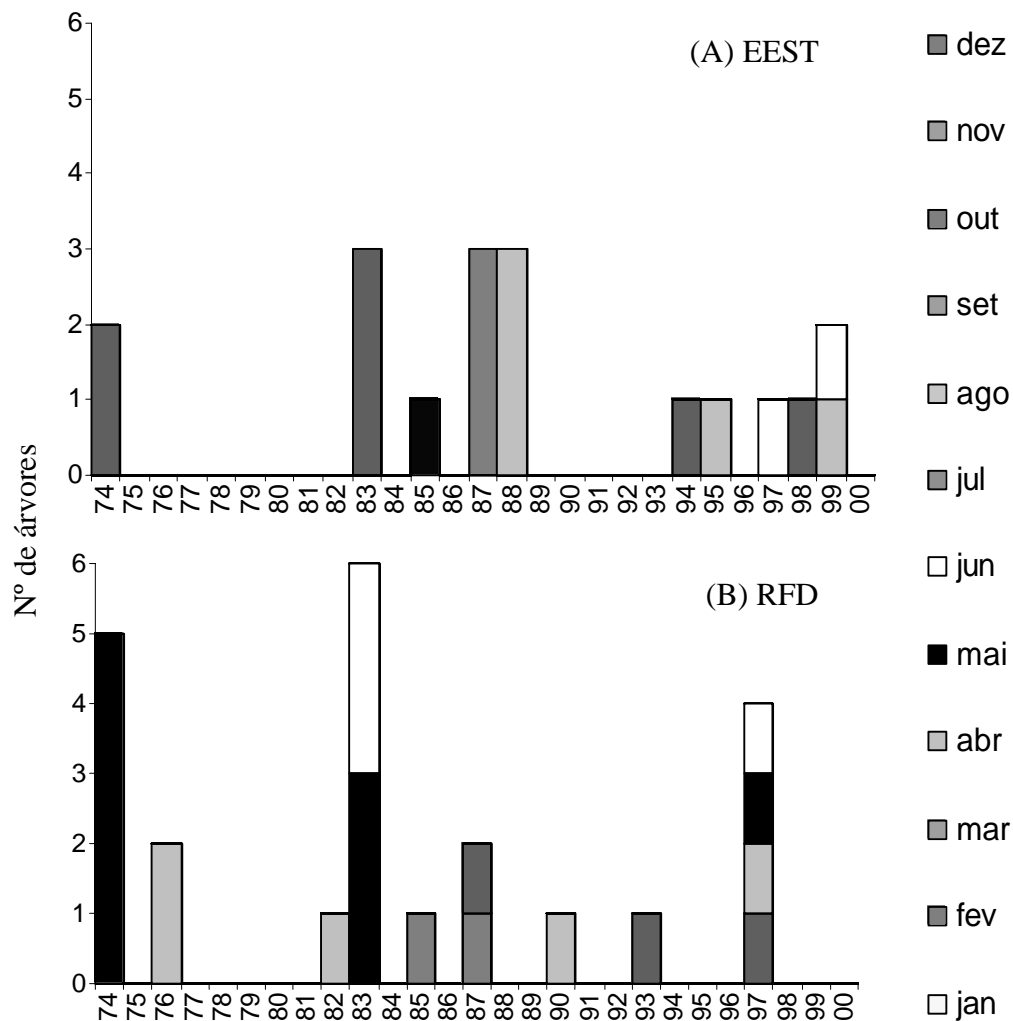


Figura 5. Padrão de frutificação (frutos maduros) de *Carapa guianensis* em número de árvores frutificando por mês, em cada ano de observação, em (A) Estação Experimental de Silvicultura Tropical (n=5) e em (B) Reserva Florestal Ducke (n=5), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

Tabela 1. Porcentagem de indivíduos de *Carapa guianensis*, por categoria de duração de cada fenofase, na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) e Reserva Florestal Ducke (RFD), Manaus, AM. Período: 1974 à 2000.

Duração (meses)	EEST				RFD			
	botões florais	antese	frutos imaturos	frutos maduros	botões florais	antese	frutos imaturos	frutos maduros
1	91,7	4,8	19,0	100	63,1	21,0	60	66,7
2	8,3	81,0	42,8	-	21,1	47,4	30	22,2
3	-	9,4	19,0	-	15,8	15,8	-	-
4	-	4,8	4,8	-	-	15,8	-	11,1
5	-	-	4,8	-	-	-	-	-
6	-	-	4,8	-	-	-	10	-
7	-	-	4,8	-	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabela 2. Frequência de ocorrência das fenofases ao longo de 27 anos de observações por indivíduos de *Carapa guianensis* na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) e Reserva Florestal Ducke (RFD), Manaus - AM.

fenofases	local	indiv	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
botão floral	EEST	221	2								1	3	2	2
		222	2	1	1						4	6	5	2
		223										2		
		224	2	1							1	3	2	2
		225	1								1		2	2
	RFD	460		2				1	1	2	1	3	8	2
		461	1					1					2	1
		462							1		1	2	3	2
		463		1							1		4	3
		464		1									4	3
antese	EEST	221	4	2							1	4	5	5
		222	5	3	1	1					4	10	11	7
		223										2	2	1
		224	3	3							1	4	5	5
		225	1	1							1	1	2	3
	RFD	460	5	2	1			1	2	2	2	3	7	8
		461	4	1				1	1				1	1
		462	2									1	3	3
		463	7									1	1	3
		464	5										2	4
fruto verde	EEST	221	6	5	2	1							1	2
		222	10	9	6	3	3	1	1	1	1	1	4	9
		223	1	1										
		224	2	2	2								1	2
		225	2		1								1	2
	RFD	460	3	2	4	1	1				1	2		
		461	1	1										
		462	1											
		463	1	1	2	1								
		464	1	1	3	1								
fruto maduro	EEST	221		1	2	1								
		222		1	3	3		1						
		223												
		224	1	1	2	1								
		225												
	RFD	460		2	1	2	2	2				1	2	
		461		1										
		462		1										
		463		1		1	1	1						
		464		1		2	1	1						

CAPÍTULO 3: ESTUDO COMPARATIVO DOS PADRÕES FENOLÓGICOS DE LONGA DURAÇÃO DE *Aniba rosaeodora* Ducke E *Aniba canelilla* (H.B.K.) Mez (LAURACEAE) EM FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA CENTRAL: IMPLICAÇÃO PARA CONSERVAÇÃO E MANEJO.

Manuscrito a ser submetido a Acta Amazonica

Estudo comparativo dos padrões fenológicos de longa duração de *Aniba rosaeodora* Ducke e *Aniba canelilla* (H.B.K.) Mez (Lauraceae) em floresta de terra firme na Amazônia Central: implicação para conservação e manejo.

Antonio Moçambique PINTO^{1,2,3}; L. Patrícia C. MORELLATO¹; Antenor Pereira BARBOSA².

RESUMO - O conhecimento da fenologia reprodutiva de espécies nativas é de fundamental importância na definição de estratégias de conservação e uso sustentável de recursos naturais. Foram analisados os padrões fenológicos de *Aniba rosaeodora* e *Aniba canelilla*, espécies tradicionalmente utilizadas na indústria cosmética, no período de 1974 a 2000, em duas áreas de floresta amazônica de terra firme: a Reserva Florestal Ducke (RFD) e Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), verificando a regularidade na floração e frutificação e as implicações para sua conservação e uso sustentável. Foram marcados vinte e um indivíduos de *Aniba rosaeodora* na RFD e cinco na EEST, e cinco indivíduos de *Aniba canelilla* em cada área experimental e observados quanto à produção de flores, frutos imaturos e frutos maduros. A floração e frutos imaturos apresentaram padrão irregular nas duas áreas observadas, variando também quanto à duração e época de ocorrência entre anos e estações, com maiores intervalos de fenofases entre cinco a 15 anos na RFD e até três anos na EEST para *A. rosaeodora* e até cinco anos para *A. canelilla*. A antese e frutos imaturos apresentaram frequência de ocorrência similar nos 27 anos observados, ao passo que para a fenofase frutos maduros este padrão foi diferente, com intervalo variando de quatro a 15 anos para *A. rosaeodora* e um a 18 anos para *A. canelilla*. Conclui-se que a frequência de ocorrência das fenofases foi supra-anual, com padrão irregular e duração intermediária e prolongada, com variação de até 15 anos sem os indivíduos apresentarem as fenofases para *A. rosaeodora* e até 18 anos para *A. canelilla*, apresentando pouca correlação com os fatores climáticos, podendo ser considerada como uma frutificação massiva. A irregularidade dos padrões reprodutivos dessas espécies, somada ao grande intervalo entre frutificações, demonstra a necessidade de planejamento cuidadoso para o uso sustentável desses recursos naturais.

PALAVRAS-CHAVE

Fenologia, *Aniba*, Lauraceae, floração, frutificação, floresta, Amazônia Central, conservação.

1. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Grupo de Fenologia e Dispersão de Sementes, Caixa Postal 199, 13506-900 Rio Claro, SP, Brasil.
2. Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Grupo de Pesquisa em Silvicultura de Espécies Florestais Amazônicas, Caixa Postal 478, 69011-970 – Manaus, AM, Brasil.
3. Autor para correspondência: pinto942002@yahoo.com.br

Long term comparative study of the phenological patterns of *Aniba rosaeodora* Ducke and *Aniba canelilla* (H.B.K.) Mez (Lauraceae) in terra firme forests in Central Amazon: implication to the maintenance and management.

ABSTRACT - The knowledge about the reproductive phenology of native species is of fundamental importance for the definition of maintenance strategies and for the sustainable use of natural resources. The use of Amazonian vegetable species, especially in the cosmetic industry, has been increasing recently, with no knowledge about the ecology of these species. It were analyzed the phenological patterns of *Aniba rosaeodora* and *Aniba canelilla*, species traditionally used by the cosmetic industry during the period of 1974 to 2000, in two Amazonian Forest areas of hard land: Reserva Florestal Ducke (RFD) and Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), being the regularity in the flowering and fruiting verified as well as the implications to their application in the maintenance and sustainable use. Twenty one individuals were marked in RFD along with five in EEST, they were observed with regards to their flower production and ripe and unripe fruit. Flowering ad unripe fruit presented irregular pattern in the two areas observed, also varying with regard to duration and epoch of occurrence among years and seasons, with higher intervals ranging from five to fiteen years for *A. rosaeodora* and from one to eighteen for *A. canelilla*. It was concluded that the phenophases frequency of occurrence was supra-annual, with irregular pattern and intermediate and extended duration, with a variation of fifteen years without the individuals present the phenophases for *A. rosaeodora* and of eighteen years for *A. canelilla*, showing little correlation with climatic factors, being possible to be considered a massive fruiting. The irregularity of the reproductive patterns of these species, added to the high interval among fruiting phenophases, show the necessity of a careful planning for a sustainable use of these natural resources.

KEY-WORDS

Phenology, *Aniba*, Lauraceae, flowering, fruiting, forest, Central Amazon, conservation.

INTRODUÇÃO

As espécies florestais de importância econômica nativas da Amazônia vêm sofrendo uma diminuição cada vez maior de suas populações nestas últimas décadas (Gascon & Moutinho, 1998). Por essa razão, o estudo dessas espécies se impõe como prioritário, com a finalidade de possibilitar o uso racional dos recursos naturais da Amazônia, além de garantir a manutenção dessas espécies, fornecendo subsídios aos programas de reflorestamento, assim como gerando informações sobre a sua silvicultura (Magalhães & Alencar, 1979).

Estudos fenológicos são de fundamental importância, tendo em vista facilitar o entendimento da regeneração e reprodução das plantas, interações planta-animal e evolução da história de vida dos animais que dependem da oferta de recursos das plantas para seu alimento, como os herbívoros, polinizadores e dispersores (Morellato et al., 1989; Morellato, 1991; Morellato et al., 2000; Van Schaik et al., 1993; Galetti et al., 1994; Galetti & Morellato, 1994; Morellato & Leitão Filho, 1996), na caracterização da dinâmica de ecossistemas (Lieth, 1974), e como possíveis indicadores das condições climáticas de um ambiente (Schwartz, 1998, Menzel & Fabian, 1999). O conhecimento da fenologia reprodutiva de espécies nativas é, portanto, de fundamental importância na definição de estratégias de conservação e uso sustentado de recursos naturais.

A utilização de espécies vegetais amazônicas, especialmente na indústria cosmética, tem se ampliado muito recentemente, sem o conhecimento da ecologia dessas espécies. Nesse sentido, foram analisados os padrões fenológicos de *Aniba rosaeodora* e *Aniba canelilla*, espécies tradicionalmente utilizadas na indústria cosmética, no período de 1974 a 2000, em duas áreas de floresta amazônica de terra firme: a Reserva Florestal Ducke (RFD) e Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), verificando a regularidade na floração e frutificação e as implicações para sua aplicação na conservação e uso sustentado. Essas espécies apresentam importante fator econômico-social-ecológico para a Amazônia, sendo necessários subsídios para o seu uso racional. *Aniba rosaeodora* Ducke (Lauraceae), o pau-rosa, é árvore que pode atingir até 30 m de altura por dois metros de diâmetro e considerada atualmente em via de extinção (Alencar &

Fernandes, 1978; Loureiro et al., 1979; Clay et al., 1999). Esta condição está relacionada à presença do linalol, extraído de suas madeiras, o qual é muito solicitado na indústria de perfumes, ceras, loções, cremes, produtos para barba, tônicos, xampus e outros cosméticos (Silva et al., 1977; Lorenzi, 1992); *Aniba canelilla* (H.B.K.) Mez (Lauraceae), a casca preciosa, é árvore de mediana a grande, atingindo até 35 m de altura por 40 a 60 cm de diâmetro (Clay et al., 1999) e também apresenta um óleo essencial perfumado, com forte odor de canela, que contém vários compostos de grande valor comercial, usado na indústria de perfumaria artesanal e na medicina caseira como excitante, digestiva, anti-espasmódica e peitoral, e suas sementes raladas são utilizadas como anti-desentéricas (Silva et al., 1977; Loureiro et al., 1979; Clay et al., 1999).

A análise dos padrões fenológicos reprodutivos a longo prazo do pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) e da casca preciosa (*Aniba canelilla*) mostrou a época de floração e frutificação dessas espécies e a regularidade e previsibilidade na oferta desses recursos, os fatores climáticos e ecológicos que podem estar influenciando os padrões fenológicos encontrados e suas implicações na exploração racional desse recurso natural. Como objetivos específicos, procurou-se responder à seguinte pergunta: a fenologia reprodutiva das espécies é a mesma nas duas áreas de floresta de terra firme e responde a fatores climáticos semelhantes ao longo dos 27 anos de observações? Nossa expectativa é de que a fenologia das espécies seja a mesma já que se encontram no mesmo tipo de floresta amazônica de terra firme, sob as mesmas condições climáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Os estudos foram desenvolvidos na Reserva Florestal Ducke (RFD), situada à 26 km ao norte de Manaus, na Estrada Manaus-Itacoatiara (AM-010) com 10.072 ha., em floresta tropical úmida de terra firme (59°52'40" a 59°52'00" de longitude Oeste, e 03°00'00" a 03°08'00" de latitude Sul) (Ribeiro, 1976) e na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) com 180.000 ha. (2°37' a 2°38' de

latitude sul e 60°09' a 60°11' de longitude oeste), distando cerca de 45 km ao norte de Manaus na Rodovia Manaus-Caracarái BR-174 (RADAM, 1978).

O clima da região é do tipo Afi, de acordo com a classificação de Köppen: A – Clima tropical praticamente sem inverno, a temperatura média para o mês mais frio nunca é inferior a 18°C; f – Chuvas durante todo o ano; i – indica isoterminia, ou seja, as oscilações anuais de temperatura média não chegam a 5°C; não há verão nem inverno (Ribeiro, 1976). Os dados climatológicos utilizados no presente trabalho foram fornecidos pela Coordenação de Pesquisas em Ciência do Ambiente do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e coletados na Estação Climatológica da RFD, para as duas áreas experimentais, distando aproximadamente 30 km em linha reta da EEST. O clima médio para os 27 anos de estudo (entre 1974 a 2000) mostra a existência de um período com chuvas freqüentes, alcançando médias mensais acima de 200 mm, e menores temperaturas médias, que se estende de novembro a maio, denominada estação chuvosa (Fig. 1). O período com chuvas menos constantes, durante os meses de junho a outubro, mas sem déficit hídrico, com precipitação média de 133,5 mm mensais e maiores temperaturas é considerada neste trabalho como a estação seca. O mês mais seco foi agosto e abril o mês com a maior média de precipitação (304,3 mm). Os dados de comprimento do dia no 15º dia de cada mês (janeiro a dezembro) para a latitude de 4º foram retirados de Pereira et al. (2002), onde os dias mais longos duram de 11,9 a 12,2 horas e ocorrem no final da estação seca (ago, set, out) e na estação chuvosa (nov a abr), enquanto os dias mais curtos (11,8 horas) ocorrem no final da estação chuvosa e início da estação seca (mai, jun, jul).

A vegetação predominante na região foi classificada por Ducke & Black (1954) como floresta tropical úmida. Alencar (1986) classificou a floresta da Reserva Florestal Ducke como tropical úmida de terra firme, caracterizada por grande diversidade de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas. A floresta que recobre as áreas de estudo está incluída na “Floresta Ombrófila Densa” da Amazônia (Velloso et al., 1991) e caracteriza-se por: estar sempre verde, pois as árvores nunca perdem toda a folhagem ao mesmo tempo; grande número de espécies florestais, geralmente distribuídas em três camadas bem distintas: estrato superior ou dominante, formado por árvores dominantes, de grande porte, com diâmetro à altura

do peito superior a um metro, e altura da copa, às vezes, chegando a 45m ou mais; estrato intermediário, formado por árvores de porte menor, cujos DAP pode ir além de um metro, porém a altura da copa geralmente está abaixo de 45 m, e palmeiras; o estrato inferior é constituído por plantas arbustivas e herbáceas que podem se desenvolver em condições de forte sombra e aquelas provenientes de regeneração natural. Para descrição detalhada das áreas de estudo, veja o Capítulo 2 (Pinto et al., 2004).

As árvores do estudo fenológico foram previamente selecionadas na floresta, segundo seu hábitat, altura, DAP (diâmetro à altura do peito) e forma do fuste (Araújo, 1970). Foram amostrados vinte e um indivíduos de *A. rosaeodora* na RFD e cinco na EEST, e cinco indivíduos de *Aniba canelilla* em cada área de estudo. Os indivíduos foram observados com auxílio de um binóculo para o registro das fenofases. Serão analisados dados do período janeiro de 1974 a dezembro 2000. Observações fenológicas foram mensais, feitas como descrito por Alencar et al. (1979), sendo analisadas, neste estudo, as fenofases floração ou período de antese das flores (floração adiantada, árvore totalmente florada) e frutificação: dividida em período com frutos imaturos (frutos novos aparecendo) e com frutos maduros (frutos maduros presentes).

Os padrões fenológicos foram descritos segundo Newstrom et al. (1994a e b) de acordo com sua frequência - número de ciclos com e sem fenofases por ano; regularidade - dada pela variabilidade de época de ocorrência e duração das fases, sendo duração o tempo em meses que um indivíduo permanece em uma dada fase.

Os dados fenológicos tanto da RFD como da EEST foram armazenados no programa FENOLOG, desenvolvido pela Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical do INPA (CPST/INPA,) em linguagem DBASE III, transferidos para o banco de dados Fenológicos desenvolvido pelo CRIA para gerar as séries temporais (www.cria.org.br/fenologia). Foi calculada a relação entre os dados fenológicos e as variáveis climáticas (precipitação e temperaturas), por meio de análise não-paramétrica de correlação linear de Spearman (Zar, 1996) considerando os valores médios mensais das variáveis climáticas.

RESULTADOS

Aniba rosaeodora

A floração de *A. rosaeodora*, na EEST, iniciou-se usualmente no final da época de menor precipitação, ocorrendo principalmente no início da época úmida, de novembro a janeiro, exceto em 1999, quando ocorreu em março-abril, e apresentou correlação positiva significativa com a temperatura mínima ($r_s=0,16$; $p<0,01$), precipitação ($r_s=0,12$; $p<0,05$) e comprimento do dia ($r_s=0,28$; $p<0,01$). O maior pico de floração no período de estudo ocorreu de outubro de 1986 a janeiro de 1987 e o maior intervalo foi observado de 1983 a 1985, num período de três anos, florescendo em 12 dos 27 anos de observações (Fig. 1D). Dos cinco indivíduos observados no período, os que floresceram com mais frequência foram os indivíduos 517 e 518, principalmente nos meses de outubro-novembro e dezembro-janeiro, respectivamente (Tabela 3). O indivíduo menos freqüente foi o 516, florescendo apenas nos meses de janeiro a fevereiro de 1981 e novembro a dezembro de 1986 (Tabela 3).

Na RFD, a floração também ocorreu na estação chuvosa, de dezembro a fevereiro, exceto em 1999, quando ocorreu de março a junho, e apresentou correlação negativa significativa com a temperatura máxima ($r_s=-0,10$; $p<0,05$). Apresentou pico de floração de dezembro de 1976 a fevereiro de 1977 e os maiores intervalos de 1978 a 1982 e de 1984 a 1994, num período de cinco e 11 anos, respectivamente (Fig. 1E). Foi observada antese em seis dos 27 anos de observações. Dos 21 indivíduos observados no período, a maior produção ocorreu em dois indivíduos, em anos diferenciados, sendo o indivíduo 4 nos meses de janeiro a fevereiro, abril a maio e dezembro e no indivíduo 15, nos meses de janeiro, abril e maio e dezembro, ambos raramente ocorrendo em meses seguidos; os indivíduos 6, 12, 13 e 20 não apresentaram produção de flores (Tabela 4).

A produção de frutos imaturos, na EEST, foi sempre na época de maior precipitação, de dezembro a maio (Fig. 1D) e apresentou correlação negativa significativa com a temperatura máxima ($r_s=-0,13$; $p<0,05$), positiva significativa com a temperatura mínima ($r_s=0,30$; $p<0,01$) e positiva significativa com a precipitação

($r_s=0,15$; $p<0,01$). Apresentou um pico de ocorrência de dezembro de 1986 a julho de 1988 e o maior intervalo de 1983 a 1985, num período de três anos (Fig. 1D). Foram observados frutos imaturos em 15 dos 27 anos de observações. Dos cinco indivíduos observados no período, a maior frequência foi do indivíduo 516, nos meses de março e abril, e a menor frequência foi do 517, com ocorrência em apenas três meses e maior frequência em dezembro (Tabela 3).

Na RFD, a ocorrência de frutos imaturos foi rara (Fig. 1E). Porém, quando ocorreu, teve início no final da época de chuvas, estendendo pelo início da estação seca (com uma variação em 1999, que ocorreu no início da época de menor precipitação) e apresentou correlação negativa significativa com o comprimento do dia ($r_s = - 0,14$; $p < 0,01$). Apresentou um pico de ocorrência no ano de 1977 (mar a ago) tendo seus maiores intervalos de 1978 a 1982 e de 1984 a 1998, num período de cinco e 15 anos, respectivamente (Fig. 1E). Foram observados três episódios com frutos imaturos em quatro dos 27 anos de observações. Dos 21 indivíduos observados no período, a maior produção foi dos indivíduos 15 e 18, ocorrendo em anos diferenciados, nos meses de fevereiro a setembro no 15 e de janeiro a agosto no 18, ambos ocorrendo em meses seguidos, as vezes dois e três meses no mesmo ano; os indivíduos 6, 12, 13 e 20 não apresentaram frutos verdes (Tabela 4).

Frutos maduros foram observados, na EEST, no início da estação de menor precipitação, apresentando variação no período de estudo e apresentou correlação negativa significativa com o comprimento do dia ($r_s=-0,14$; $p<0,01$). Durante alguns anos não foi observada esta fenofase, sendo os maiores intervalos de 1974 a 1980 e 1982 a 1987, num período de sete e seis anos, respectivamente (Fig. 1D). Foram observados frutos maduros em sete dos 27 anos de observações. Dos cinco indivíduos observados no período, a maior produção foi do indivíduo 518, ocorrendo raramente em anos diferenciados (1993, 96, 98 e 1999) nos meses de junho a agosto; o indivíduo 515 não apresentou produção de fruto maduro (Tabela 3).

A fenofase “frutos maduros”, na RFD, teve início no final da época de chuvas, com uma variação em 1999, quando ocorreu no período de menor precipitação, e apresentou correlação negativa significativa com a temperatura média ($r_s=-0,12$; $p<0,05$) e negativa significativa com a temperatura mínima ($r_s=-0,15$; $p<0,01$). Apresentou dois picos de ocorrência um de maio de 1977 a julho de 1978 e o outro

de junho de 1983 a junho de 1984, tendo seus maiores intervalos entre 1979 a 1982 e entre 1985 a 1998, num período de quatro e 14 anos, respectivamente (Fig. 1E). Foram observados quatro episódios de frutificação em seis dos 27 anos estudados. [Foram observados frutos maduros nos anos de 1976 (fev a mai), 1977-1978 (mai/77 a jul/78), 1983-1984 (jun/83 a jun/84), 1999 (ago a out)]. Dos 21 indivíduos observados no período, os indivíduos 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 15, 16, 19 e 21 frutificaram de janeiro a dezembro, porém a maior frequência foi dos indivíduos 5, 15, 16 e 18, ocorrendo geralmente de junho de 1977 a julho de 1978; de julho de 1983 a junho de 1984 e de agosto a setembro de 1999; os indivíduos 6, 12, 13, 14 e 20 não apresentaram frutos maduros (Tabela 4).

Na EEST verificou-se que, para a floração e frutificação, a maior frequência de duração para *Aniba rosaeodora* ocorreu em dois e um meses, respectivamente, sendo que a duração da frutificação foi mais longa do que a da floração para frutos imaturos (Tabela 1). Na RFD, a maior frequência de duração ocorreu em três meses para floração e em quatro e sete meses para a frutificação, sendo que a duração da frutificação foi mais longa do que a da floração (Tabela 1).

Aniba canelilla

A floração de *A. canelilla* na EEST ocorreu, usualmente, na época de menor precipitação e apresentou correlação positiva significativa com a temperatura máxima ($r_s=0,18$; $p<0,01$), temperatura média ($r_s=0,17$; $p<0,01$) e negativa significativa com a precipitação ($r_s=-0,17$; $p<0,01$). O pico no período de estudo foi no ano de 1998 (julho-agosto) e os maiores intervalos foram de quatro anos, observados de 1979 a 1982 e de 1987 a 1990 (Fig. 1B). Foi observada antese em 10 dos 27 anos de estudo. Dos 5 indivíduos observados no período, a maior frequência foi dos indivíduos 136 e 340, ocorrendo geralmente de julho a setembro nos anos de 1976, 78, 83, 86, 95, 96 e 98; e os que menos floresceram foram os indivíduos 126 e 195, ocorrendo somente nos meses de julho e agosto de 1998 (Tabela 5).

A floração, na RFD, também ocorreu na época de menor precipitação, com poucas variações no período observado, e apresentou correlação positiva

significativa com a temperatura máxima ($r_s=0,16$; $p<0,01$), negativa significativamente com a precipitação ($r_s=-0,18$; $p<0,01$) e comprimento do dia ($r_s=0,11$; $p<0,05$). Apresentou pico nos anos de 1977 (jul, ago, set), 1994 (abr, jun, jul, ago, set) e 1998 (jul, ago, set) e o maior intervalo foi observado entre 1978 a 1982, num período de cinco anos (Fig. 1C). Foi observada antese em 11 dos 27 anos de observações. Dos 5 indivíduos observados no período, o mais freqüente foi o indivíduo 156, ocorrendo principalmente nos meses de julho a setembro nos anos de 1977, 83, 87 e 98; o que floresceu menos foi o indivíduo 317, ocorrendo somente nos meses de agosto e setembro de 1977 (Tabela 5).

A produção de frutos imaturos, na EEST, ocorreu tanto na época de menor precipitação quanto na de maior precipitação e apresentou correlação negativa significativa com a temperatura máxima ($r_s=-0,12$; $p<0,05$), positiva significativamente com a precipitação ($r_s=0,11$; $p<0,05$) e comprimento do dia ($r_s=0,20$; $p < 0,01$). Apresentou um pico de ocorrência de setembro de 1998 a agosto de 1999 e o maior intervalo de 1988 a 1991, num período de quatro anos (Fig. 1B). Foram observados oito episódios com frutos imaturos em 11 dos 27 anos de observações [1976 (out); 1978-1979 (out/78 a jan/79); 1983 (set, out); 1986-1987 (nov/86 a mar/87); 1992 (mar); 1995 (jan, fev, nov, dez); 1996 (jan, fev, nov); 1998-1999 (set/98 a ago/99)]. Dos cinco indivíduos observados no período, o mais freqüente foi o 340, ocorrendo normalmente nos meses de janeiro a fevereiro e de setembro a dezembro, principalmente de setembro a dezembro de 1995 e 1998; e o que menos apresentou fruto imaturo foi o indivíduo 333, ocorrendo somente em março de 1992 (Tabela 5).

Na RFD, frutos imaturos também ocorreram tanto na época de menor quanto na de maior precipitação e apresentou correlação positiva significativamente com o comprimento do dia ($r_s=0,16$; $p<0,05$). Apresentou pico de ocorrência nos anos de 1977 (set, out, nov, dez), 1998 (out, nov, dez) e 1999 (jan, fev) e o maior intervalo de 1979 a 1982, num período de quatro anos (Fig. 1C). Foram observados sete episódios com frutos imaturos em nove dos 27 anos de observações [1975 (dez); 1977-1978 (set/77 a jan/78); 1983 (nov, dez); 1987 (out); 1990 (dez); 1994 (mai, jun, jul); 1998-1999 (out/98 a fev/99)]. Dos 5 indivíduos observados no período, o mais freqüente foi o 156, ocorrendo principalmente nos meses de outubro a dezembro de

1977 e 1998; os indivíduos que menos apresentaram frutos imaturos foram o 172 e 317, ocorrendo nos meses de setembro a dezembro de 1977 e dezembro de 1983 (Tabela 5).

A fenofase “frutos maduros” na EEST foi rara, ocorrendo em três dos 27 anos de observações (Fig. 1B). Porém, quando ocorreu, teve início na época de chuvas, com uma variação em 1999, quando ocorreu na época de menor precipitação. O pico de ocorrência foi em 1999 (jun, set, out) e o maior intervalo de 1974 a 1991, num período de 18 anos (Fig. 1B). Foram observados frutos maduros nos anos de 1992 (abr); 1995 (mar); 1999 (jun, set, out). Dos 5 indivíduos observados no período, somente o 136 não apresentou fruto maduro (Tabela 5).

Na RFD, a fenofase “frutos maduros” ocorreu no final da época de menor precipitação para o início da época de chuvas e apresentou correlação negativa significativa com a temperatura máxima ($r_s = -0,12$; $p < 0,05$), positiva significativamente com a precipitação ($r_s = 0,16$; $p < 0,01$) e positiva significativamente com o comprimento do dia ($r_s = 0,17$; $p < 0,01$). Apresentou um pico de ocorrência de outubro de 1977 a abril de 1978 e os maiores intervalos entre 1988 a 1997 e entre 1979 a 1983, num período de cinco e 10 anos, respectivamente (Fig. 1C). Foram observados cinco episódios com frutos maduros em seis dos 27 anos de observações [1977/1978 (out/77 a abr/78); 1984 (jan, fev); 1987 (nov, dez); 1998 (dez); 1999 (fev, mar)]. Dos 5 indivíduos observados no período, o mais freqüente foi o indivíduo 156, ocorrendo principalmente nos meses de dezembro de 1977 e de janeiro a abril de 1978; o menos freqüente com fruto maduro foi o indivíduo 320, ocorrendo somente em dezembro de 1998 e fevereiro e março de 1999 (Tabela 5).

Na EEST verificou-se que, para a floração e frutificação, a maior freqüência de duração ocorreu em 2 e 1 meses, respectivamente, sendo que a duração da frutificação foi mais longa do que a da floração para frutos imaturos (Tabela 2). Na RFD, verificou-se que a maior freqüência de duração ocorreu em 1 e 2 meses, respectivamente, sendo que a duração da frutificação foi mais longa do que a da floração para frutos maduros (Tabela 2).

DISCUSSÃO

A floração de *A. rosaeodora* diferiu na época de ocorrência, na frequência de episódios de floração, e também na relação com fatores climáticos entre as áreas de estudo. A floração ocorreu no início da estação chuvosa na EEST (outubro a dezembro) e no final dessa estação na RFD (dezembro a fevereiro), embora em 1999, em ambas as áreas, *A. rosaeodora* tenha apresentado floração atípica entre março e junho. A floração foi muito mais freqüente na EEST (12 episódios) do que na RFD (6), onde o intervalo entre florações chegou a 11 anos, contra apenas três na EEST. Essas diferenças sugerem estratégias diversas de exploração da mesma espécie nas duas áreas. Já a floração de *A. canelilla* na RFD tendeu a ocorrer nos meses de julho a setembro, semelhante à EEST, onde ocorre de agosto a outubro. Essa espécie também apresentou época de pico, correlação com fatores climáticos, frequência e intervalo entre florações similares nas duas áreas, padrão fenológico esperado para espécies no mesmo tipo de floresta e sob o mesmo clima (Bencke e Morellato 2002). Magalhães & Alencar (1979) consideraram que, na maioria dos casos, os padrões de floração da mesma espécie diferem entre comunidades florísticas e, inclusive, entre indivíduos de uma mesma espécie. Entretanto, Araújo (1970) observou a ocorrência de floração de *Caryocar villosum* nos meses de julho e agosto (período de menor precipitação) na RFD, embora essa espécie tenha florescido nos meses de setembro e outubro na Estação Experimental de Curuá-Una, no estado do Pará (Pereira & Pedroso, 1982), sugerindo que a época de floração similar, ocorrendo na estação seca.

O padrão de frutificação de *A. rosaeodora*, ao contrário do esperado, diferiu entre as áreas de estudo quanto à época, mas principalmente na relação com fatores abióticos, frequência de ocorrência e intervalo entre eventos. Na EEST, a produção de frutos imaturos foi regular, ocorreu na estação chuvosa em 15 dos 27 anos estudados, com intervalos de até três anos; frutos maduros ocorreram na estação seca, em sete anos, com intervalos de até sete anos entre episódios. Na RFD, a produção de frutos foi rara, ocorrendo usualmente no período de maior precipitação, de dezembro a fevereiro, sendo observados apenas quatro episódios nos 27 anos de estudo, com intervalos de até 15 anos entre eventos. Para *Aniba*

canelilla, a frutificação nas duas áreas de floresta amazônica ocorreu em época semelhantes, com correlação com fatores abióticos, frequência e intervalo entre eventos similares. A frutificação iniciou no final da época de menor precipitação (outubro e novembro), estendendo-se pelo período de maior precipitação (dezembro a março), mostrando uma tendência de produzir frutos na época de chuvas. Foram observados sete a oito episódios com frutos imaturos, com intervalos de até quatro anos. A fenofase frutos maduros foi observada cinco vezes na RFD, com intervalo de até 10 anos e apenas três vezes em 27 anos na EEST, com intervalo de até 18 anos entre eventos, podendo ser considerada rara. Apenas um indivíduo não foi observado com frutos maduros no período. Portanto, foi observado neste estudo que a frutificação foi do tipo supra-anual, com padrão irregular, usualmente na estação mais úmida, exceto para *A. roseodora*, que apresentou épocas diferentes entre áreas. Alencar et al. (1979) verificaram, para a maioria das espécies da RFD, frutificação na estação chuvosa. Pereira & Pedroso (1982) mencionaram diferença na época de frutificação em função do local em *Qualea albidiflora* que na Estação Experimental de Curuá-Una (Pará) frutificou em fevereiro e março, enquanto na Reserva Ducke ocorreu entre maio e julho (Araújo, 1970). A produção de frutos maduros foi muito irregular nas duas espécies, especialmente na EEST, sendo raramente observada em *A. canelilla* no período de estudo, supondo uma tendência de predação dos frutos antes da maturação. Magalhães & Alencar (1979) verificaram que *A. rosaeodora* sofre intensa predação de seus frutos imaturos por aves do grupo dos psitacídeos e a irregularidade de frutificação pode estar correlacionada com a predação por essas aves. Produção massiva de frutos a intervalos longos e irregulares tem sido considerada como “mast seeding” (Kelly 1994) e relacionada ao escape de predadores de sementes. Descrito inicialmente para bambus e, depois, para árvores de florestas asiáticas, esse fenômeno raramente tem sido observado para árvores de florestas neotropicais, sendo relacionado principalmente a economia na produção de frutos e escape da predação (Kelly 1994). Esse fenômeno seria ecologicamente mais importante entre espécies dispersas por animais (Herrera et al. 1998), como é o caso das *Aniba* deste estudo. Embora não tenha sido estimado a quantidade de frutos produzido por essas espécies, a porcentagem de indivíduos envolvido em cada evento foi variável, com raros eventos com participação de

grande porcentagem dos indivíduos, o que confirmaria a definição como evento do tipo “mast seeding” (Kelly 1994).

Neste estudo, a maior frequência de duração da floração de *Aniba rosaeodora* na EEST e RFD foi de dois e três meses, respectivamente, na maioria dos anos; para *Aniba canelilla* a maior frequência de duração da floração na EEST e RFD foi de dois meses. Alencar et al. (1979) mencionaram que a duração para floração varia de um a sete meses para as 27 espécies estudadas, sendo que a duração mais freqüente, durante os 12 anos, foi de três meses. A duração da frutificação em *A. roseodora* foi de um a sete meses na maior parte das observações e, para *Aniba canelilla* a maior frequência de duração da frutificação na EEST e RFD foi de dois meses. Portanto, *Aniba canelilla* produziu frutos raramente e por um período curto de tempo. Alencar et al. (1979) verificaram que a frutificação variou de um a nove meses, sendo a duração de cinco meses a mais freqüente durante o período de 12 anos. Lima Júnior & Alencar (1992) trabalhando com duas espécies do gênero *Corythophora* da família Lecythidaceae observaram que o período de tempo que vai da formação dos botões até o término da fase de floração foi de seis meses para *Corythophora alta* e três meses para *C. rimosa*. Já a frutificação das duas espécies apresentou-se com duração de quatro meses para *Corythophora alta* e de seis meses para *C. rimosa*, após o pico da floração. A duração da frutificação de *Aniba rosaeodora* foi sempre mais longa do que a da floração em ambas as florestas de terra firme estudadas. Já a duração da frutificação de *Aniba canelilla* foi mais longa do que a da floração para frutos imaturos na EEST e frutos maduros na RFD. Os estudos de Umaña & Alencar (1993) com sucupira preta (*Diploptropis purpurea*), mostram que a frutificação (sete meses) ocorreu num período mais longo do que a floração (seis meses).

O padrão fenológico reprodutivo irregular das espécies estudadas, em especial a produção rara de frutos maduros, que pode apresentar intervalos locais de até 18 anos, sugere a aplicação de medidas bastante restritivas e rigorosas para a utilização desses recursos, sob o risco de comprometer de forma definitiva sua reprodução natural de *Aniba rosaeodora* e *A. canelilla*.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Proc. nº 475412/01-0) pelo apoio financeiro e à Coordenação de Pesquisas em Clima e Recursos Hídricos (CPCRH) do Instituto Nacional de pesquisas da Amazônia (INPA) pelos dados de clima. Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UNESP – Rio Claro, pela concessão a A.M.P. da bolsa de doutorado do CNPq. L.P.C.M. é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alencar, J. C. 1986. Análise de associação estrutural de uma comunidade de floresta tropical úmida onde ocorre *Aniba rosaeodora* Ducke (Lauraceae). Tese INPA/FUA, Manaus, 206p.
- 1988. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. IV. Interpretação de dados fenológicos em relação a elementos climáticos. Acta Amazonica, 18(3-4):199-209.
- 1994. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de Sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na Reserva Ducke, Manaus, AM. Acta Amazonica, 24(3/4):161-182.
- Alencar, J. C.; Almeida, R. A.; Fernandes, N. P. 1979. Fenologia de Espécies Florestais em Floresta Tropical Úmida de Terra Firme na Amazônia Central. Acta Amazonica 9(1):163-198.
- Alencar, J. C.; Fernandes, N. P. 1978. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. I. Pau Rosa (*Aniba duckei* (Kostermans). Acta Amazonica 8(4):523-541.
- Almeida, E. M. de; Alves, M. A. S. 2000. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de floresta atlântica no sudeste do Brasil. Acta Botânica Brasílica. 14(3):335-346.
- Araújo, V. C. 1970. Fenologia de Essências Florestais Amazônicas I. Boletim do INPA, 4, INPA, Manaus, AM. 25p.

- 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(2):237-248.
- Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.20 Manaus; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso do potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978. 628p. Ilust., tab., 7 mapas. Levantamento de Recursos Naturais, 18.
- Cavalcante, P. B. 1988. Frutas comestíveis da Amazônia. 4 ed. Belém: Museu Paraense
- Clay, J. W.; Sampaio, P. T. B.; Clement, C. R. 1999. Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização. SEBRAE/AM. 1ª ed. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico.
- Ducke, A., Black, G. A. (1954). Nota sobre a fitogeografia da Amazônia brasileira. *Bol. Téc. Inst. Agron. do Norte*, 29:3-48.
- Fournier, L. A. 1967. Estudio preliminary sobre la floracion em Roble de sabana, *Tabebuia pentaphylla* (L) Hemst. *Revista Biologia Tropical*, 15(2):259-67.
- Galetti, M. & Morellato, L. P. C. 1994. Diet of the large fruiting bat *Artibeus lituratus* in southeast Brazil. *Mammalia* 58(4): 661-665.
- Galetti, M.; Pedroni, F. & Morellato, L. P. C. 1994. Diet of the brown howler monkey *Alouatta fusca* in a forest fragment in southeastern Brazil. *Mammalia* 48: 111-118.
- Gascon, C. & Moutinho, P. 1998. Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo. INPA, Manaus, Amazonas, Brasil.
- Herrera, C. M., Jordano, P., Guitián, J. and Traveset, A. (1998) Annual variability in seed production by woody plants and the masting concept: reassessment of principles and relationship to pollination and seed dispersal. *American Naturalist* 152: 576-594.
- Howe, H. F. & Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of ecology and Systematics* 13:201-228.
- Kelly, D. (1994) The evolutionary ecology of mast seeding. *Trends in Ecology and Evolution* 9: 465-470.

- Krebs, C. J. 1994. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. 4th. ed. Harper-Collins, New York.
- LIETH, H. Purposes of a phenology book. In: LIETH, Helmut (ed.) Phenology and seasonality modeling. Verlag Springer, Berlim, p.3-20, 1974.
- Lima Júnior, M. J. V.; Alencar, J. C. 1992. Fenologia de duas espécies do gênero *Corythophora* da família lecythidaceae na Reserva Florestal Ducke, Manaus, AM. Anais... 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas. Revista do Instituto Florestal, São Paulo-Brasil. Edição Especial. 4(único):233-240.
- Lorenzi, H. 1992. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivos de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo. Edt. Plantarum, 368p.
- Loureiro, A. A., Silva, M. F. da; Alencar, J. C. 1979. Essências madeireiras da Amazônia. Manaus: INPA. V.I e II. 187 p.
- Magalhães, L. M. S.; Alencar, J. C. 1979. Fenologia do Pau-rosa (*Aniba duckei* Kostermans), Lauraceae, em Floresta Primária na Amazônia Central. Acta Amazonica, 9(2):227-232.
- Menzel, A. & P. Fabian 1999. Growing season extended in Europe. Nature 397: 659
- 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 semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, SP. Revista Brasileira de Botânica 12:85-98.
- Morellato, L. P. C. 1991. Fenologia de árvores, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. Tese de doutorado, Ecologia, Unicamp.
- Morellato, L. P. C. & Leitão-Filho, H. F. 1996. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian Forest. Biotropica 28: 180-191.
- Morellato, L. P. C.; Talora, D. C.; Takahasi, A.; Bencke, C. C.; Romera, E. C. & Zipparro, V. B. 2000. Phenology of atlantic Forest trees: a comparative study. Biotropica 32(4b):811-823.
- Newstrom, L. E.; Frankie, G. W.; Baker, H. G. 1994a. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland Tropical Rain Forest trees at La Selva, Costa Rica. Biotropica, 26(2):141-159.
- Newstrom, L. E.; Frankie, G. W.; Baker, H. G.; Colwell, R. K. 1994b. Diversity of Long-term flowering Patterns. In: Hespenheide, H. A.; Hartshorn, G. S. (Eds)

1994. La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest. The University of Chicago Press, Chicago: 142-160.
- Pereira, A. R.; Angelocci, L. R. & Sentelhas, P. C. 2002. Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas. Ed. Agropecuária, 478p.
- Pereira, A. P.; Pedroso, L. M. 1982. Dados fenológicos das principais espécies florestais que ocorrem na Estação Experimental de Curuá-Una-Pará. Anais do Congresso Nacional Sobre Essências Nativas. São Paulo-Brasil. Edição especial. 16(2):1175-1182.
- Ribeiro, M. N. G. 1976. Aspectos Climatológicos de Manaus. Acta Amazonica, 6(2):229-233.
- Silva, M. F.; Lisbôa, P. L. B.; Lisbôa, R. C. L. 1977. Nomes vulgares de plantas amazônicas. INPA, 222p.
- Schwartz, M. D. 1998. Green-wave phenology. Nature 394(6696): 839-840.
- Umaña, C. L. A.; Alencar, J. C. 1993. Comportamento fenológico da Sucupira-Preta (*Diplotropis purpurea* Rich. Amsh. var. *coriacea* Amsh.) na Reserva Florestal Ducke. Acta Amazonica, 23(1):199-211.
- van Schaik, C. P., Terborgh, J. W. & Wrigth, S. J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. Annual Review of Ecology and Systematics 24: 353-377.
- Veloso, H. P., Rangel Filho, A. L. R. & Lima, J. C. A. 1991. Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. 3ª Edição. Editora Prentice Hall, Upper Sanddle River, New Jersey, 662p.

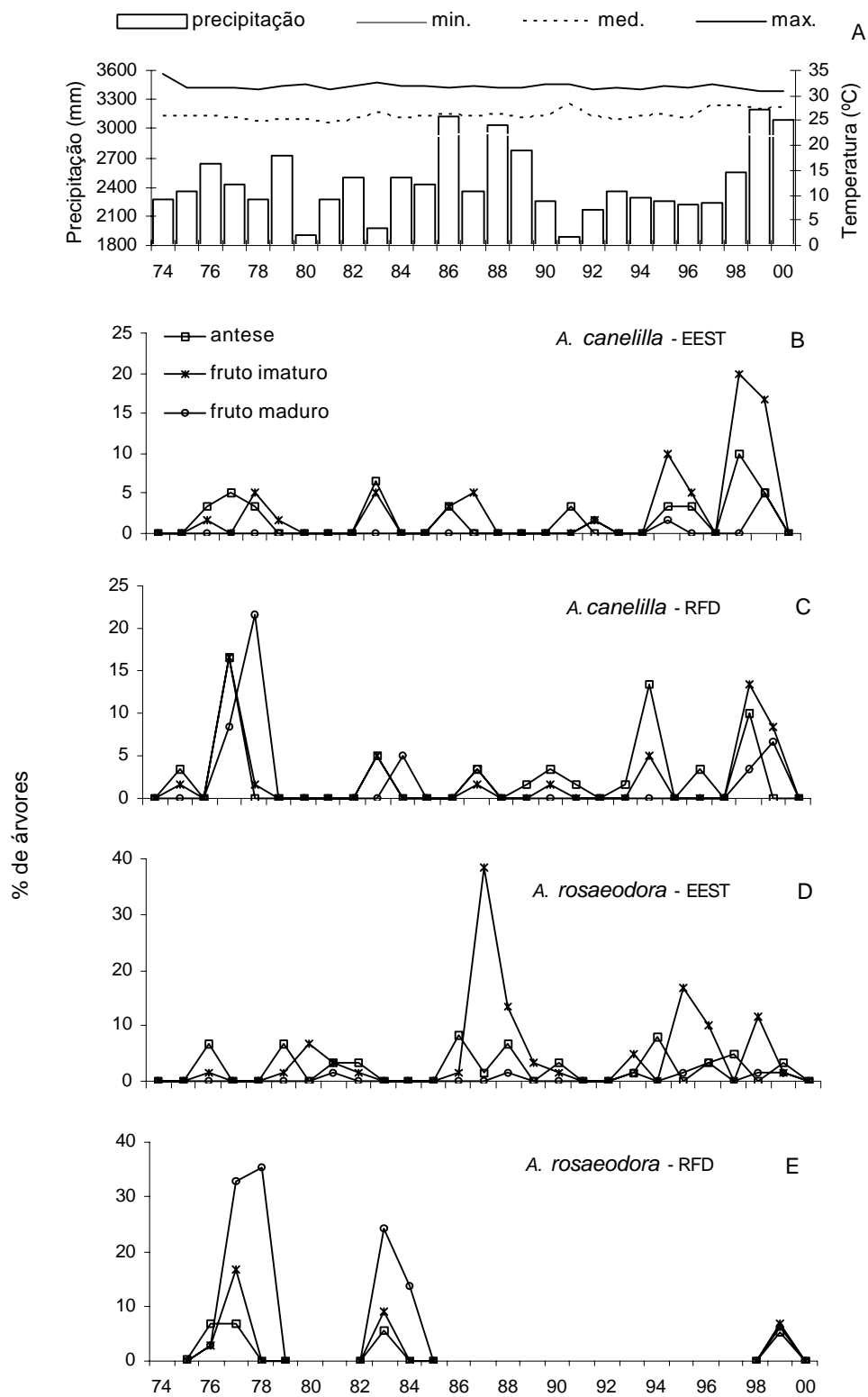


Figura 1. Porcentagem de floração e frutificação de *A. canelilla* e *A. rosaeodora* por ano de observação, em (B e D) Estação Experimental de Silvicultura Tropical, em (C e E) Reserva Florestal Ducke e em (A) Variações climáticas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, em Manaus,

Tabela 1. Duração, em meses, das fenofases de *A. rosaeodora*, em porcentagem de indivíduos, na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) e Reserva Florestal Ducke (RFD), Manaus, AM. Período: 1974 a 2000.

Duração (meses)	EEST			RFD		
	antese	frutos imaturos	frutos maduros	antese	frutos imaturos	frutos maduros
1	20	46,16	85,71	-	-	-
2	40	15,39	14,29	25	-	-
3	30	7,69	-	50	25	16,67
4	10	7,69	-	25	50	16,67
5	-	-	-	-	-	-
6	-	7,69	-	-	25	16,67
7	-	7,69	-	-	-	33,32
8	-	-	-	-	-	16,67
19	-	7,69	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100

Tabela 2. Duração, em meses, das fenofases de *A. canelilla*, em porcentagem de indivíduos, na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) e Reserva Florestal Ducke (RFD), Manaus, AM. Período: 1974 a 2000.

Duração (meses)	EEST			RFD		
	antese	frutos imaturos	frutos maduros	antese	frutos imaturos	frutos maduros
1	-	37,5	66,67	41,67	42,86	20
2	70	12,5	33,33	25	14,29	60
3	30	-	-	25	14,29	-
4	-	12,5	-	-	14,29	-
5	-	12,5	-	8,33	14,29	-
6	-	-	-	-	-	-
7	-	12,5	-	-	-	20
12	-	12,5	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100

Tabela 3. Frequência de ocorrência das fenofases ao longo de 27 anos de observações por indivíduos de *Aniba rosaeodora* na Estação Experimental de Silvicultura Tropical, Manaus - AM.

fenofases	indiv	jan	Fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
antese	515										3	4	1
	516	1	1									1	1
	517	1	1	1							4	4	1
	518	3		1	1							2	5
	519												
fruto verde	515	2	2	2	2	1	1	1	1	1			3
	516	2	2	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1
	517	2	1										4
	518	2	3	4	3	4	2	1					
	519												
fruto maduro	515												
	516					1			1				
	517		1										
	518						2	1	1				
	519												

Tabela 4. Frequência de ocorrência da floração e frutificação ao longo de 27 anos de observações por indivíduos de *Aniba rosaeodora* na Reserva Florestal Ducke, Manaus - AM.

fenofases	indiv	jan	fev	mar	Abr	mai	jun	Jul	ago	set	out	nov	dez
antese	1			1	1								
	2	2											1
	3	2											1
	4	2	1		1	1							1
	5	2			1	1							1
	7	2	1										2
	8	1											1
	9					1	1						1
	10	2											1
	11	1	1										1
	14	2											
	15	2			1	1							2
	16	3											1
	17	2			1	1							1
	18	2				1							1
	19	2											1
	21	2	1										1
fruto verde	1						1	1					
	2			1	1	1	1	1					
	3			1	1	2	1						
	4					2	2	2	1	1			
	5			1	1	2	1	1	1				
	7			1	2	1	1						
	8			1	1	1	1	1	1				
	9							1	1				
	10			1	2	1	1						
	11				1	1	1						
	14			1									
	15		1	2	2	1	1	1	1	1			
	16	1		2	2	1	1						
	17			1	1	1	1	1	1				
	18	1	1	1	2	2	1	1	1				
	19			1	1								
	21			1	1	2	1						
fruto maduro	1								1	1			
	2	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1
	3		1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	4	2	1	1	1	1	2	1	2	3	3	2	2
	5	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2
	7	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1
	8	2	2	2	1	1	1	1		1	1	1	1
	9	1	1	1	1	1	1	1		1	1		
	10	2	2	2	1	2	2	3	2	2	2	2	2
	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	15	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	2	2
	16	2	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2
	17		1	1	1	1	2	2	2	2	3	2	
	18	2	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	2
	19	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1
	21	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2

Tabela 5. Frequência de ocorrência das fenofases ao longo de 27 anos de observações por indivíduos de *Aniba canelilla* na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) e Reserva Florestal Ducke (RFD), Manaus - AM.

fenofases	local	indiv	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
antese	EEST	126							1	1				
		136								3	4	1		
		195							1	1				
		333									2	2		
		340							3	4	1	1		
	RFD	119								3	4	1	1	
		156				1	1		2	5	2	1		
		172		1				1	2	1		1		
		317								1	1			
		320							3	4	2	1		
		126	1	1	1						1	1	1	1
		136	2	1	1							3	2	2
		195	1	1							1	1	1	1
fruto verde	EEST	333			1									
		340	3	2							3	3	3	2
	RFD	119	1	1									2	3
		156	2	1			1	1	1			3	3	3
		172									1	1		1
		317										1	1	1
		320	1									1	1	2
	EEST	126				1								
		136												
		195			1									
		333				1								
		340			1									
fruto maduro	RFD	119	1	1	2									1
		156	2	1	2	1							1	2
		172	2	2	1							1	1	1
		317	1	1	1									1
		320		1	1									1

Considerações finais

No desenvolvimento dessa pesquisa, foram abordados aspectos relacionados com fenologia reprodutiva de quatro espécies florestais da Amazônia Central. Os resultados obtidos evidenciaram a importância de se observar a fenologia dessas plantas por um longo período de anos.

Dentro dessa visão, observou-se na EEST que a floração nas espécies estudadas tende a ocorrer no período de menor precipitação, com exceção da *Carapa guianensis* que tendeu a florescer na transição da estação seca para chuvosa. Já na RFD, a floração nas quatro espécies foi irregular pois, em *Carapa guianensis* e *Dipteryx odorata* tendeu a ocorrer no final do período de menor precipitação para a época de chuvas; já na *Aniba rosaeodora* tendeu a ocorrer na época das chuvas e em *Aniba canelilla* a ocorrer na época seca.

Quanto à frutificação das quatro espécies, nas duas áreas de estudo, a tendência foi iniciar no final do período de pouca chuva para a época de maior precipitação, com exceção na *Aniba rosaeodora* que tendeu a frutificar na época de chuvas. Com relação à frequência de ocorrência para *Dipteryx odorata* nas duas áreas observadas foi anual nas fenofases floração e frutos imaturos, ao passo que para frutos maduros foi supra-anual, todas com padrão irregular. Para *Carapa guianensis* foi anual nas fenofases antese e frutos imaturos (EEST) e antese (RFD) com padrão regular, ao passo que frutos maduros (EEST e RFD) e frutos imaturos (EEST) a frequência de ocorrência foi supra-anual com padrão irregular. Já para *Aniba rosaeodora* e *A. canelilla* a frequência de ocorrência foi supra anual com padrão irregular para todas as fenofases nas duas áreas observadas. A duração foi igual (intermediária e prolongada) nas duas áreas para todas as espécies estudadas. Daí a importância de observações fenológicas a longo prazo, tendo em vista ajudar na determinação de definições dos padrões fenológicos.

Recomendações

Um trabalho que precisaria ser realizado seria o de fenologia associado às interações bióticas para ajudar investigar o que estaria causando a variação na frequência de ocorrência e regularidade dos eventos fenológicos de espécies florestais nativas de floresta amazônica;

A programação do uso racional dos produtos derivados das espécies em estudo deve ser muito bem discutido, especialmente no que concerne à exploração de seus frutos.

APÊNDICE 1

**ADEQUAÇÃO DO BANCO DE DADOS DO MONITORAMENTO
FENOLÓGICO A LONGO PRAZO EM ÁRVORES DA FLORESTA
AMAZÔNICA E AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE VARIAÇÕES CLIMÁTICAS
NA FENOLOGIA.**

Adequação do banco de dados do monitoramento fenológico a longo prazo em árvores da floresta amazônica e avaliação dos efeitos de variações climáticas na fenologia

Resumo - A fenologia é o estudo da época de ocorrência de fenômenos naturais repetitivos, especialmente em relação ao clima. Cada vez mais tem se reconhecido que dados fenológicos proporcionam uma indicação integrada da sensibilidade dos sistemas naturais às mudanças climáticas. O acompanhamento fenológico é, desse modo, um componente essencial dos programas de monitoramento de mudanças climáticas globais. O seu valor como indicador aumenta ainda mais porque mudanças em processos fenológicos têm amplas conseqüências para biodiversidade, ecologia e interações bióticas, agricultura e ciências florestais. No Brasil, um dos mais antigos e talvez único, estudo fenológico de longa duração para árvores de potencial silvicultural da floresta tropical ainda ativo foi iniciado em 1965 na Reserva Florestal Ducke (RFD), e em 1974 na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), ambos na região de Manaus, Amazonas. O presente projeto teve por objetivo, pela primeira vez, investigar a influência de variações climáticas nos padrões fenológicos das espécies, ao longo de toda a série temporal, nas duas áreas de estudo (RFD e EEST), dentro da perspectiva das aplicações potenciais dos dados fenológicos de longa duração no entendimento dos efeitos dos ciclos climáticos nas árvores de florestas tropicais. O principal enfoque desse estudo foi a modernização e adequação do banco de dados fenológicos, de tal forma a obter as séries temporais de cada indivíduo necessárias para a análise dos padrões fenológicos das espécies.

Introdução

A fenologia é o estudo da época de ocorrência de fenômenos naturais repetitivos, especialmente em relação ao clima (Lieth 1974). Muitos processos fenológicos, como a queda de folhas e a floração, estão claramente relacionados ao clima (Rathcke & Lacey 1985, Van Schaik, *et al.* 1993, Wright & Van Schaik 1994). Desde o final do século passado, mudanças climáticas têm sido observadas, as quais podem afetar o comportamento das plantas, como demonstrado pela análise de dados provenientes de observações fenológicas em longo prazo (eg. Sparks & Carey 1995, Schwartz 1998). É, portanto, esperado que a época de ocorrência de processos fenológicos continue a mudar na dependência das mudanças no clima. Como consequência, têm sido reconhecido, cada vez mais, que dados fenológicos proporcionam uma indicação integrada da sensibilidade dos sistemas naturais às mudanças climáticas e que esses dados têm um valor destacado para acessar impacto climático (Menzel & Fabian 1999, Hughes 2000). O acompanhamento fenológico é, desse modo, um componente essencial dos programas de monitoramento de mudanças climáticas globais. O seu valor como indicador aumenta ainda mais, porque mudanças em processos fenológicos têm amplas consequências para biodiversidade, ecologia e interações bióticas, agricultura e ciências florestais, entre outras (Price & Waser 1998, Santandreu & Lloret 1999, Harrington *et al.* 1999). Ademais, mudanças em processos fenológicos como floração e mudança foliar são de fácil entendimento em geral e, dessa forma, podem ajudar na informação do público a respeito de mudanças climáticas.

No Brasil, um dos mais antigos e talvez único, estudos fenológicos de longa duração para árvores de potencial silvicultural da floresta tropical ainda ativo foi iniciado em 1965 na Reserva Florestal Ducke (RFD), e em 1974 na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), na região de Manaus, Amazonas (Araújo, 1970, Alencar *et al.* 1979). Trata-se de uma grande investigação dos eventos fenológicos de cerca de 200 espécies florestais com a

finalidade primeira de gerar subsídios aos planos de conservação, manejo e reflorestamento de áreas degradadas na floresta amazônica. O projeto de fenologia produziu numerosas publicações sobre a fenologia de árvores na Amazônia Central nos últimos 30 anos, todas analisando dados da Reserva Ducke, destacando-se os trabalhos de Araújo (1970) e de Alencar e seus colaboradores (Alencar *et al.* 1979, Magalhães & Alencar 1979, Ruiz & Alencar 1999, Alencar 1988, 1994, 1998). A maioria desses estudos considerou os padrões fenológicos médios, dentro do intervalo de tempo considerado, sendo poucos os que analisaram as variações ano a ano, ao longo de todo o período de observações e nenhum comparou os padrões entre áreas.

Nesse sentido, foi submetido ao CNPq, em maio de 2003, dentro do programa Edital Universal 2002, o projeto intitulado: “Projeto de monitoramento fenológico a longo prazo em árvores da floresta amazônica: adequação do banco de dados e avaliação dos efeitos de variações climáticas na fenologia”, tendo sido aprovado com vigência de 09/2003 a 10/2005 (Proc nº 475412/01-0).

O projeto teve por objetivo, pela primeira vez, investigar a influência de variações climáticas naturais ou não nos padrões fenológicos das espécies, ao longo de toda a série temporal, nas duas áreas de estudo (RFD e EEST), dentro da perspectiva das aplicações potenciais dos dados fenológicos de longa duração no entendimento dos efeitos dos ciclos climáticos e mudanças climáticas nas árvores de florestas tropicais. Para tanto, o principal enfoque deste primeiro projeto foi na modernização e adequação do banco de dados fenológicos, de tal forma a poder obter as séries temporais de cada indivíduo, necessárias para a análise dos padrões fenológicos das espécies. O estudo foi comparativo, de tal forma a averiguar se em duas áreas diferentes de floresta amazônica (RFD e EEST) a mesma espécie apresenta comportamento fenológico similar e se responde a fatores climáticos semelhantes ao longo do tempo. Como perspectiva final, o projeto pretendeu possibilitar a investigação dos efeitos de mudanças climáticas naturais ou não na fenologia das plantas durante um período de 35 anos de observações, explorando as aplicações

potenciais dos dados fenológicos de longa duração no entendimento dos efeitos dos ciclos climáticos e mudanças climáticas nas árvores de florestas tropicais.

Material e Métodos

Este estudo de longa duração foi iniciado em 1965 na Reserva Florestal Ducke (RFD), e em 1974 na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST), ambos na região de Manaus, Amazonas (Araújo, 1970, Alencar *et al.* 1979). Os eventos fenológicos de cerca de 200 espécies florestais (5 a 20 indivíduos por espécie) vêm sendo observados desde então com a finalidade primeira de gerar informações científicas que servirão de suporte aos planos de conservação, manejo e reflorestamento de áreas degradadas na floresta Amazônica.

A escolha das árvores obedeceu a uma série de critérios silviculturais e ecológicos (Araújo 1970), a saber: valor comercial madeireiro conhecido ou potencial; produtoras de gomas, resinas ou óleos essenciais; ter fuste e copa perfeita, não serem jovens, possuírem grande porte.

Os métodos para coleta e entrada de dados fenológicos é a que vem sendo empregada desde a implementação do banco de dados, com observações fenológicas mensais, anotando a presença/ausência das seguintes fenofases (Araújo 1970): Floração: 1. Botões florais aparecendo; 2. Floração adiantada, árvore totalmente florada; 3. Floração terminando ou terminada; Frutificação: 4. Frutos novos aparecendo; 5. Frutos maduros presentes; 6. Frutos maduros caindo e semente dispersas; Mudança Foliar: 7. Árvores com poucas folhas ou desfolhadas; 8. Folhas novas aparecendo; 9. Maioria das folhas novas ou totalmente novas; 10. Copa completa com folhas velhas.

Os dados fenológicos, tanto da Reserva Florestal Ducke quanto da Estação Experimental de Silvicultura Tropical foram armazenados em banco de dados, por meio do programa FENOLOG, em Dbase para DOS. O programa, desenvolvido na Coordenação de Pesquisas em Silvicultura

Tropical do INPA, fornece as percentagens médias das ocorrências de cada fenofase, para cada mês, por espécies e por período de observação (ano ou grupo de anos).

Para a adequação do Banco de Dados Fenológicos, foi contratado pessoal especializado do CRIA, Centro de Referência em Informação Ambiental, responsável pela criação e gerenciamento de banco de dados como o do Programa Biota – FAPESP. Espera-se que ao final do projeto o banco já tenha sido readequado e que análises possam ser processadas rapidamente.

Algumas viagens foram realizadas pela equipe para visita ao banco de dados em Manaus para consulta as planilhas originais e correções no banco.

Foram selecionadas algumas espécies para teste do banco e análises preliminares. As espécies selecionadas foram aquelas previamente escolhidas como objeto de estudo desta tese de doutorado, citadas na Introdução Geral, todas oleaginosas de grande potencial econômico.

Resultados

Após 6 meses de projeto:

1. Foi realizada a primeira readequação e modernização do banco de dados fenológicos. O banco de dados original, em Dbase para DOS, foi migrado para banco relacional, em linguagem PHP, com consulta restrita “eletrônica”.
2. Foram feitas análises parciais de dados fenológicos para espécies selecionadas, verificando assim o andamento da adequação do banco de dados e possíveis erros. Foram detectados erros de grafia no nome das espécies e solicitadas adequações para a migração correta dos dados.
3. Foram localizados e solicitados os dados climáticos

Após 12 meses de projeto:

1. Foi concluída a primeira etapa da readequação e modernização do banco de dados fenológicos. Ao final desta etapa percebemos que faltavam duas informações no banco original: os indivíduos que morreram durante o estudo (código 11) e falha na observação (código 12). Com isso foi necessário programar um retorno a Manaus para entrar estes dados, a partir das planilhas de campo, para os 35 anos de observações fenológicas no banco. Toda a entrada foi feita no sistema antigo e depois os arquivos de dados foram lidos no novo banco de dados fenológico.
2. Foram inseridos os dados de mortalidade e falha nas observações no banco antigo e enviados os arquivos para o CRIA. Foi gerada a primeira versão do Banco com diferentes tipos de consultas. Foram feitas diversas reuniões junto ao CRIA para refinamento das consultas e das saídas (arquivos em Excel) para que estas se adequassem às necessidades das análises dos dados fenológicos.
3. Foi concluída a aquisição e catalogação dos dados climáticos para o período de 1974 a 2000.
4. Foram realizadas análises preliminares dos dados fenológicos para espécies selecionadas e sua relação com fatores climáticos.
5. Foi realizada a divulgação em reuniões científicas
6. Foi redigido e submetido o primeiro manuscrito para publicação (ver Capítulo 2)

Após 15 meses de projeto:

1. Foi gerada a primeira versão final do banco, com uma consulta aberta ao público sobre o banco fenológico e suas espécies e uma consulta restrita, com diferentes saídas de dados adequadas as análises de padrões fenológicos.
2. Foi dado prosseguimento às análises de dados fenológicos para espécies selecionadas e sua relação com fatores climáticos

3. Foram detectados alguns problemas nas saídas dos dados por indivíduos, devendo estar corrigidos até fevereiro de 2005.
4. Foi realizada a divulgação em reuniões científicas
5. Foi concluída a redação de mais dois manuscritos das espécies selecionadas (Capítulos 3 e 4), submetida a tese de doutorado para defesa

Impactos esperados

Os impactos esperados deste projeto são bastante expressivos:

1. Publicação dos primeiros trabalhos comparativos da fenologia em longo prazo de espécies de duas florestas amazônicas
2. Colocar a fenologia numa perspectiva de monitoramento de mudanças globais, no Brasil, e ressaltar a importância desta área de pesquisa para o país, principalmente na conservação de recursos florestais
3. Demonstrar a possível influência de variações climática na fenologia de espécies florestais e a importância da informação fenológica para a sua conservação e manejo
4. Mostrar as variações fenológicas na produção de flores e frutos de espécies nativas e a importância do uso deste conhecimento para o manejo sustentado e conservação das espécies nativas.
5. . Discutir novas perspectivas na utilização de recursos naturais da Amazônia provenientes de árvores, especialmente flores e frutos.
6. . Modificações na atual sistemática de utilização de certos recursos naturais obtidos das espécies objeto da investigação neste projeto.

Perspectivas futuras

1. Dar continuidade ao presente projeto, propondo: investigar a influência de variações climáticas naturais ou não nos padrões fenológicos das espécies, ao longo de toda a série temporal, nas duas áreas de estudo (RFD e EEST), em nível de comunidade e suas espécies, incluindo a avaliação de fatores ecológicos como modos de dispersão das espécies, dentro da

perspectiva das aplicações potenciais dos dados fenológicos de longa duração no entendimento dos efeitos dos ciclos climáticos e mudanças climáticas nas árvores de florestas tropicais.

2. Os principais enfoques deste segundo projeto, após a modernização e adequação do banco de dados fenológicos efetuada no presente projeto, serão:

i) Disponibilizar informações sumarizadas do banco de dados em rede, na forma de consultas básicas sobre a fenologia das espécies, que possam ser efetuadas pela comunidade científica e leiga. Um piloto com informações do projeto realizado durante o presente projeto já está disponível (www.cria.org.br/fenologia)

ii) dar prosseguimento às correções efetuadas no banco, agora com consulta ao material botânico coletado e depositado no Herbário do INPA; iniciar um banco de imagens e informações silviculturais das espécies em acompanhamento;

iii) gerar consultas mais sofisticadas de variáveis fenológicas (época de início, pico, duração das fenofases, etc.), sumários e gráficos;

iv) inserir informações ecológicas na base de dados, especialmente àquelas referentes ao modo de dispersão das sementes;

v) ao final, deveremos propor uma estratégia de reposição dos indivíduos mortos para dar continuidade efetiva ao Banco de Dados, se possível já selecionando os novos indivíduos a serem incluídos.

v) analisar os padrões fenológicos das espécies, grupos de espécies ou comunidade e dos efeitos de variações climáticas na fenologia com publicação de manuscritos e apresentação de resultados

Referências bibliográficas

Alencar, J. C. 1988. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne Leguminosae, na Amazônia Central. IV.

- Interpretação de dados fenológicos em relação a elementos climáticos.
Acta Amazonica 18(3-4):199-209..
- Alencar, J. C. 1994. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de Sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na Reserva Ducke.
Acta Amazonica 4(3/4):161-182.
- Alencar, J. C. 1998. Fenologia de espécies arbóreas tropicais na Amazônia Central. Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo. Capítulo 2, 25-40pg.
- Alencar, J. C., Almeida, R. A., Fernandes, N. P. 1979. Fenologia de espécies arbóreas em floresta tropical úmida de terra-firme na Amazônia Central.
Acta Amazonica 9(1): 163-198.
- Araújo, V. C. 1970. Fenologia de essências florestais amazônicas I. Boletim do INPA - Série Pesquisas florestais 4: 1-25.
- Harrington, R., Woiwod, I., Sparks, T. 1999. Climate change and trophic interactions. *Trends in Ecology & Evolution* 14 (4): 146-150.
- Hughes, L. L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution* 15(2): 56-61.
- Lieth, H. 1974 (ed.). Phenology and seasonality modeling. Springer-Verlag, Berlin.
- Magalhães, L. M. S. & Alencar, J. C. 1979. Fenologia do pau-rosa (*Aniba duckei* Kostermans), Lauraceae, em floresta primária na Amazonia Central. *Acta Amazonica* 9(2): 227-232.
- Menzel, A. & P. Fabian 1999. Growing season extended in Europe. *Nature* 397: 659
- Price, M. V. & N. M. Waser 1998. Effects of experimental warming on plant reproductive phenology in a subalpine meadow. *Ecology* 79(4): 1261-1271.
- Rathcke, B. & Lacey, E. P. 1985. Phenological Patterns of Terrestrial Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.

- Ruiz, J. E. A. & Alencar, J. C. 1999. Interpretação fenológica de cinco espécies de Chrysobalanaceae na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 29(2):223-242.
- Sparks, T. H. & P. D. Carey 1995. The responses of species to climate over two centuries: An analysis of the Marsham phenological record, 1736-1947. *Journal of Ecology* 83(2): 321-329.
- Santandreu, M. & F. Lloret 1999. Effect of flowering phenology and habitat on pollen limitation in *Erica multiflora*. *Canadian Journal of Botany* 77(5): 734-743.
- Schwartz, M. D. 1998. Green-wave phenology. *Nature* 394(6696): 839-840.
- Umaña, C. L. A.; Alencar, J. C. 1993. Comportamento fenológico da Sucupira-Preta (*Diploptropis purpurea* Rich. Amsh. var. coriacea Amsh.) na Reserva Florestal Ducke. *Acta Amazonica* 23(1):199-211
- Van Schaik, C. P., Terborgh, J.W. & Wrigth, S.J.1993. The Phenology of Tropical Forests - Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24: 353-377.
- Wright, S. J. & Van Schaik, C. P. 1994. Light and the Phenology of Tropical Trees. *American Naturalist* 143(1): 192-199.