

# FENOLOGIA DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS DE SAPOTACEAE CORRELACIONADA A VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NA RESERVA DUCKE, MANAUS, AM.

Jurandyr da Cruz ALENCAR<sup>1</sup>

**RESUMO** — Estudo fenológico de cinco espécies de Sapotaceae, na Reserva Ducke, no período de 1970 a 1990. Procedeu-se análises multivariadas entre as fases de plena floração, frutos maduros e folhas novas e variáveis climáticas (umidade relativa do ar, precipitação, insolação, evaporação e temperatura média). A plena floração das espécies ocorreu na estação seca, entre os meses de julho e novembro; A periodicidade da floração de *Pouteria guianensis* Aubl. foi bianual; *Radlkofereella macrocarpa* (Hubr.) Aubr., padrão anual; *Chrysophyllum oppositum* (Ducke) Ducke, anual irregular; *Ragala ucuquirana-branca* (Aubr. & Pellegr.) W. Rodr., anual alternado; e *Ragala ulei* (Krause) Aubr., padrão irregular (floresceu em apenas 5 anos). A frutificação das espécies ocorreu na estação chuvosa, entre os meses de dezembro e abril. A periodicidade da frutificação de *P. guianensis* foi irregular; *C. oppositum* e *R. macrocarpa*, anual irregular; *R. ucuquirana-branca*, anual alternado e *R. ulei* foi muito irregular, tendo frutificado em apenas 2 anos. A irregularidade na frutificação, possivelmente, pode ser explicada pela predação dos frutos por animais, uma vez que são todos carnosos e comestíveis. As espécies são perenifólias, com exceção de *R. macrocarpa* com tendência a ser semi-caducifólia durante a floração. A análise dos componentes principais demonstrou que as variáveis precipitação, umidade relativa e frutos maduros estão referidas à estação chuvosa, em oposição às variáveis insolação, evaporação e temperatura média que definiram a estação seca, onde se situaram a plena floração e folhas novas. É mostrada a Matriz de Correlações Lineares para as variáveis fenológicas e climáticas, e a análise fatorial de correspondência simples indicou que a precipitação teve a maior contribuição (40% da variação total), seguida da insolação (25%), plena floração (13%), folhas novas (9%), frutos maduros (8%), evaporação (5%), temperatura média (0%) e umidade relativa (0%).

**Palavras-chave:** Fenologia, clima, análise multivariada, floresta tropical úmida.

Phenology of five sapotaceae tropical tree species correlated to climatic variables in Ducke Forest reserve, Manaus, AM.

**SUMMARY** — Phenological study carried out in Ducke Forest Reserve during the period of 1970 to 1990. It was done a multivariate analysis with the phenophases (complete flowering, mature fruits and new leaves) and five climatic variables (relative humidity, rain-fall, insolation, evaporation and mean temperature). Complete flowering occurred in dry season (from July to November) to all species; *Pouteria guianensis* Aubl. presented biannual periodicity; *Radlkofereella macrocarpa* (Hubr.) Aubr. was annual; *Chrysophyllum oppositum* (Ducke) Ducke, annual irregular; *Ragala ucuquirana-branca* (Aubr. & Pellegr.) W. Rodr., annual alternated; and *Ragala ulei* (Krause) Aubr., irregular (has presented flowering only in 5 years). Fruiting occurred in wet season (from December to April) to all species. The fruiting periodicity to *P. guianensis* was irregular; *C. oppositum* and *R. macrocarpa* were annual irregular; *R. ucuquirana-branca*, annual alternated and *R. ulei* was very irregular, fruiting only in 2 years of this study. The fruiting irregularity, probably, could be explicated by fruits predation, because all of them are succulents and eatables by animals. The Principal Components Analysis demonstrated that rain fall, relative humidity and mature fruits were related to the rain season in opposition to insolation, evaporation and mean temperature related to dry season, where occurred complete flowering and new leaves. It is showed the matrix of linear correlations to the phenological and climatic variables. A factorial analysis of simple correspondence showed that rain fall was the variable with the greater contribution (40%) followed by insolation (25%), complete flowering (13%), new leaves (9%), mature fruits (8%), evaporation (5%), mean temperature (0%) and relative humidity (0%).

**Key-words:** Phenology, climate, multivariate analysis, tropical forest.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical (CPST)

## INTRODUÇÃO

A fenologia tem por finalidade analisar o ritmo das fases biológicas da floração, frutificação e mudança foliar. Vários trabalhos já foram publicados na Amazônia Central sobre fenologia de árvores, entre os quais citam-se: ARAÚJO (1970), ALENCAR *et al.* (1979), MAGALHÃES & ALENCAR (1979) e ALENCAR (1984); ALENCAR (1988) fez uma interpretação de dados fenológicos em relação a elementos climáticos para *Copaifera multijuga*. ALENCAR (1990) mostrou o comportamento fenológico de 27 espécies lenhosas de vegetação de Campina amazônica. Na Amazônia Oriental (Estado do Pará), CARVALHO (1980) estudou a fenologia de árvores na Floresta Nacional do Tapajós; e Montagner & Yared (1983) mostraram a fenologia de *Cordia goeldiana* em relação a parâmetros climáticos. MORI & PRANCE (1990) estudaram a fenologia de *Corithophora alta* na Reserva Ducke. ALENCAR (1991) mostrou a importância desses estudos e fez uma revisão sobre a base atual do conhecimento em fenologia na Amazônia. LIMA JUNIOR (1992) estudou 5 espécies arbóreas de Lecythidaceae e LIMA JUNIOR & ALENCAR (1992) mostraram a fenologia de *Corythophora alta* e *Corythophora rimosa* (Lecythidaceae) na Reserva Ducke. Recentemente, UMAÑA (1992) e UMAÑA & ALENCAR (1993) mostraram o comportamento de *Diploptropis purpurea* var. *coriacea*, também na Reserva Ducke.

As informações fenológicas são valiosas do ponto de vista botânico e ecológico, e necessárias para apoiarem outros estudos, como os de fisiologia de sementes e até os de revisão taxonômica. Possibilitam melhor compreensão sobre a biologia das espécies, indispensável para plantios ou para a condução de manejo florestal.

As variáveis meteorológicas (precipitação, insolação, evaporação, umidade relativa e temperatura) estão sujeitas a oscilações durante o ano, ou num período de tempo, e têm uma ligação estreita com a floresta. A esse respeito, ALENCAR *et al.* (1979) mostraram a tendência de ser observado maior número de espécies iniciando a floração e frutificação, quando ocorreram menores valores de precipitação e umidade relativa e maiores valores de insolação.

A família Sapotaceae está incluída entre as mais frequentes e com maior índice de valor de importância na Amazônia Central (ALENCAR, 1986; JARDIM & HOSOKAWA, 1986/87), juntamente com as famílias Lecythidaceae, Burseraceae e Caesalpiniaceae. Por esta razão, as sapotáceas são ecologicamente importantes por sua área de ocupação e por seus frutos carnosos comestíveis, por animais e pelo homem. Essa característica é importante na relação que se estabelece entre estas espécies e os animais, onde os frutos são fonte de alimentação e vitais para a reprodução.

## MATERIAL E MÉTODOS

## Área de estudo

O estudo foi feito na Reserva Florestal Ducke, do INPA, 26 km ao Norte de Manaus, área compreendida entre as coordenadas 59°52'40" e 59°58'00" de longitude Oeste e 03°00'00" e 03°08'00" de latitude Sul (ALENCAR, 1978).

O clima da área é do tipo Afi, segundo a classificação de KÖPPEN: A - Clima tropical praticamente sem inverno, a temperatura do mês mais frio nunca é inferior a 18°C; f - Chuvas durante todo o ano; i - Indica isotermia, e as oscilações anuais de temperatura média não chegam a 5°C; não há propriamente verão nem inverno (RIBEIRO, 1976). Anualmente, costuma ocorrer o fenômeno de "friagem", em curto período de tempo, geralmente uma semana, ocasião em que a temperatura do ar diminui sensivelmente; BRINKMANN *et al.* (1971) relataram nesta área, no período de 10 a 13 de junho de 1969, a ocorrência de temperatura mínima de 15°C. Na área do estudo predominam os oxissolos (latossolo amarelo de várias texturas argilosas) nas cotas mais elevadas do terreno e solos argilo-arenosos nas encostas e partes baixas. São ácidos, com boa drenagem e resistentes à erosão, sendo originados de rochas graníticas do Pré-cambriano, ou de sedimentos do Cretáceo e de sedimentos argilosos ou argilo-arenosos do Terciário, do período Pleistoceno (RANZANI, 1979).

No município de Manaus há deficiência de 276mm de água no solo na estação seca, distribuídos entre os meses de julho a outubro; e ocorrência de um

período com excesso de água, cerca de 744mm, distribuídos nos meses de dezembro a maio (FALESI *et al.* 1969).

A floresta é do tipo tropical úmida de terra-firme, caracterizada por grande diversidade de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas (ALENCAR, 1986).

## Metodologia

Foram estudadas 5 espécies arbóreas da família Sapotaceae. As observações fenológicas foram feitas mensalmente em 5 indivíduos de cada espécie, com o uso de binóculo, adotando-se as fenofases empregadas por ALENCAR *et al.* 1979: Floração (1 = Botões florais; 2 = Floração adiantada, árvore totalmente florada; 3 = Floração terminando ou terminada); Frutificação (4 = Frutos novos; 5 = Frutos maduros presentes; 6 = Frutos maduros caindo e sementes dispersadas); Mudança foliar (7 = Poucas folhas ou árvore desfolhada; 8 = Folhas novas; 9 = Folhas novas em maioria ou totalmente novas; 10 = Folhas velhas). As árvores foram selecionadas na floresta, considerando-se aquelas mais representativas da espécie e ótimas características fenotípicas como possíveis porta-sementes. As árvores foram observadas durante o período de 21 anos (janeiro de 1970 a dezembro de 1990), cujas informações fazem parte do Banco de Dados Fenológicos da Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical (CPST) do INPA, estudo iniciado em 1965 na Reserva Florestal Ducke. O programa FENOLOG, desenvolvido na CPST, forneceu as porcentagens médias de ocorrência mensal de cada fenofase, por espécie e por ano, a partir das quais foram

gerados os gráficos das curvas médias das fenofases. Considerando os valores médios mensais de três fenofases (2 = Floração adiantada, árvore totalmente florada = Plena floração; 5 = Frutos maduros presentes; e 8 = Folhas novas) como os mais representativos das fases de floração, frutificação e mudança foliar, e os valores médios mensais de cinco variáveis meteorológicas (umidade relativa do ar em %, precipitação em mm, insolação em horas, evaporação líquida em mm e temperatura média em °C), procedeu-se análises multivariadas para as espécies e variáveis. Estas análises constaram de: Análise dos Componentes Principais e Análise Fatorial de Correspondência Simples, utilizando-se o programa STATITCF. Os dados meteorológicos foram obtidos pela Estação Meteorológica da Reserva Ducke, localizada dentro da área do presente estudo, cedidos pela Coordenação de Pesquisas em Hidrometeorologia, do INPA. Neste trabalho considerou-se como estação seca os meses de agosto, setembro e outubro; estação chuvosa, os meses de novembro a abril; e transição da estação chuvosa para a seca, os meses de maio a julho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Floração

A plena floração ocorreu na estação seca para todas as espécies, durante o período estudado, com pequena variação entre as mesmas (Fig. 1 a 5 e Tab. 1). *Pouteria guianensis* apresentou valores máximos entre os meses de outubro e novembro; *Radlkofarella macrocarpa*, entre julho e setembro; *Chrysophyllum oppositum*, entre outubro e dezembro;

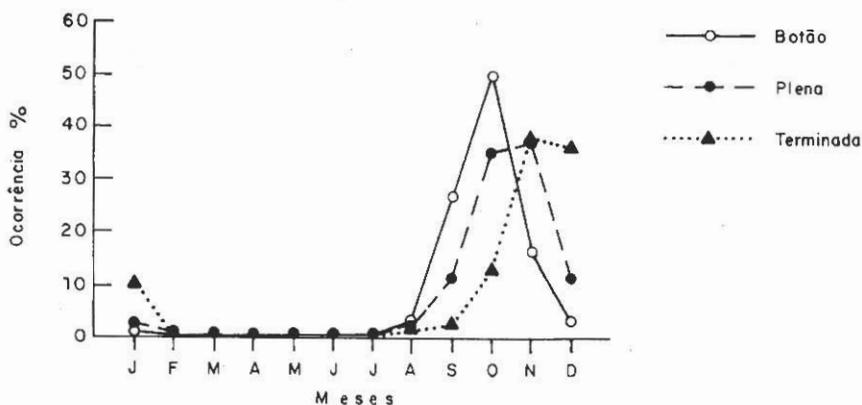
*Ragala ucuquirana-branca*, entre julho e setembro; e *Ragala ulei*, entre julho e agosto e, excepcionalmente, no mês de novembro, em 1971 e 1977. As outras fases da floração (botões florais e floração terminando) também ocorreram na estação seca do ano, para todas as espécies.

Quanto à periodicidade da plena floração, *P. guianensis* apresentou padrão *bianual*; *R. macrocarpa*, padrão *anual*, florescendo todo ano, com exceção de 1976; *C. oppositum* mostrou periodicidade *anual irregular*, florescendo anualmente mas não todos os anos; *R. ucuquirana-branca* foi considerada com padrão *anual alternado*, pois floresceu anualmente em anos seguidos, mas com alternância de 2 a 3 anos; e *R. ulei* apresentou o padrão *irregular*, tendo sido observada com floração somente em 5 anos deste estudo (Tab. 2).

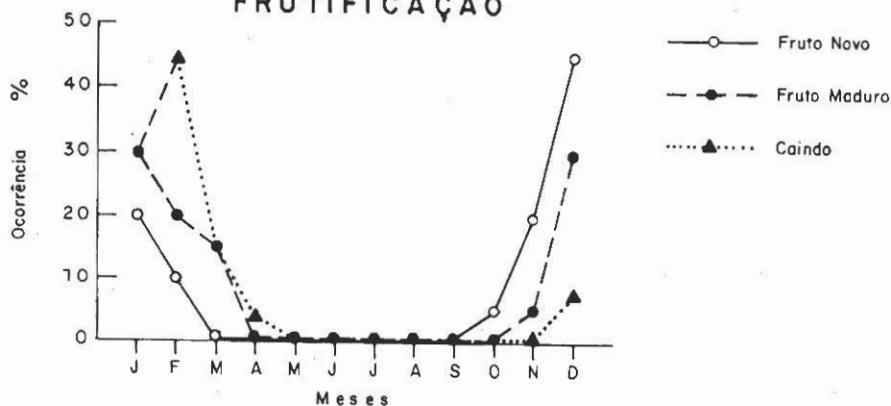
ALENCAR *et al.* (1979) constataram também na Reserva Ducke que a maioria das espécies floresceu na estação seca, sendo este o comportamento mais comum nas florestas tropicais, em várias regiões do mundo: Na África Ocidental (AUBREVILLE, 1938); em Singapura (HOLTTUM, 1931); na Nigéria (NJOKU, 1963); na Amazônia Central (ARAÚJO, 1970); e na Costa Rica, América Central (FRANKIE *et al.* 1974) *apud* ALENCAR *et al.* (1979).

ALENCAR (1990) mostrou que a maioria das espécies lenhosas de Campina sombreada, ao norte de Manaus, apresentou também esse comportamento. Entretanto, ALENCAR (1991) relatou que várias espécies fazem exceção a este padrão geral, florescendo na estação chuvosa (dezembro a abril), tais como: Copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne),

## FLORAÇÃO



## FRUTIFICAÇÃO



## MUDANÇA FOLIAR

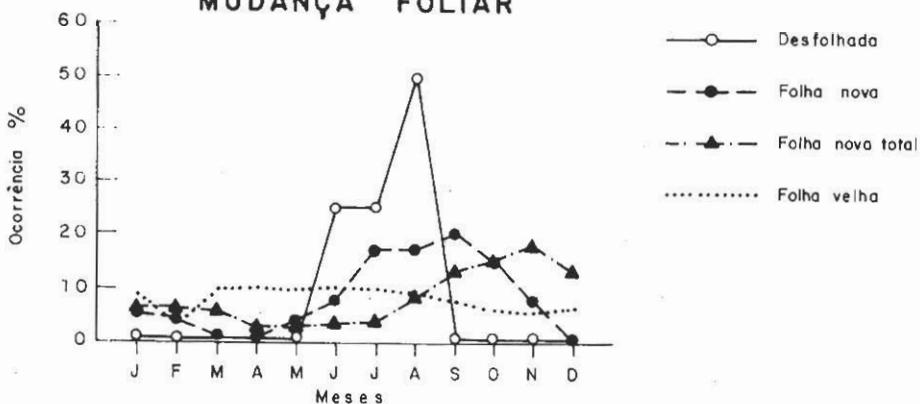
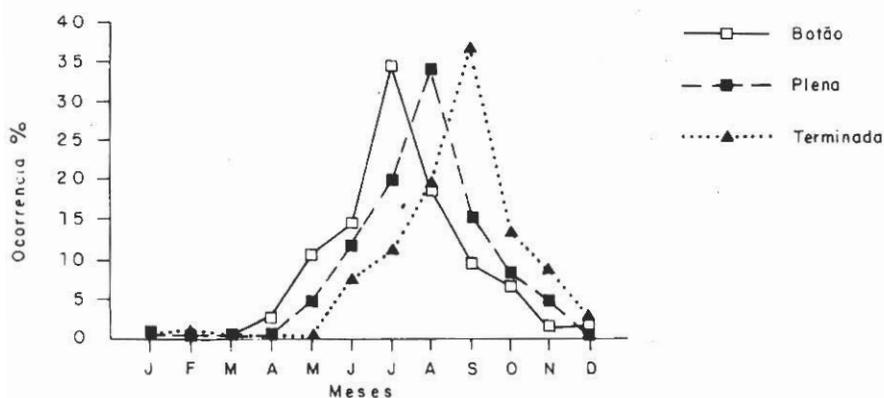
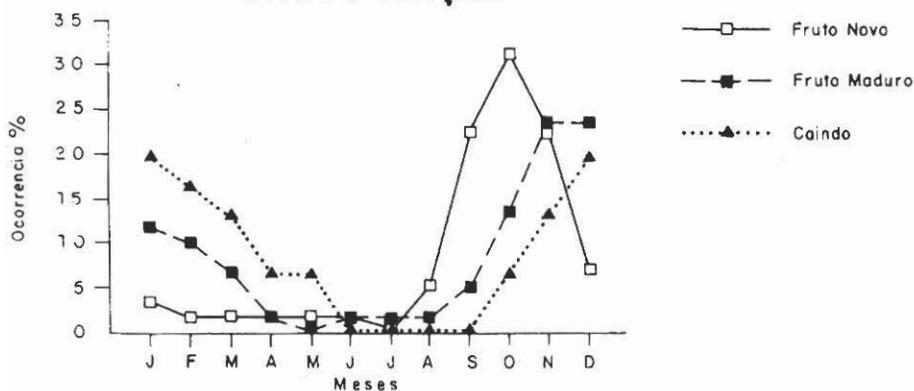


Figura 1. Percentagens médias mensais das fases fenológicas de *Pouteria guianensis* Aubl., no período de 1970 a 1990, na Reserva Ducke, Manaus, Am.

## FLORAÇÃO



## FRUTIFICAÇÃO



## MUDANÇA FOLIAR

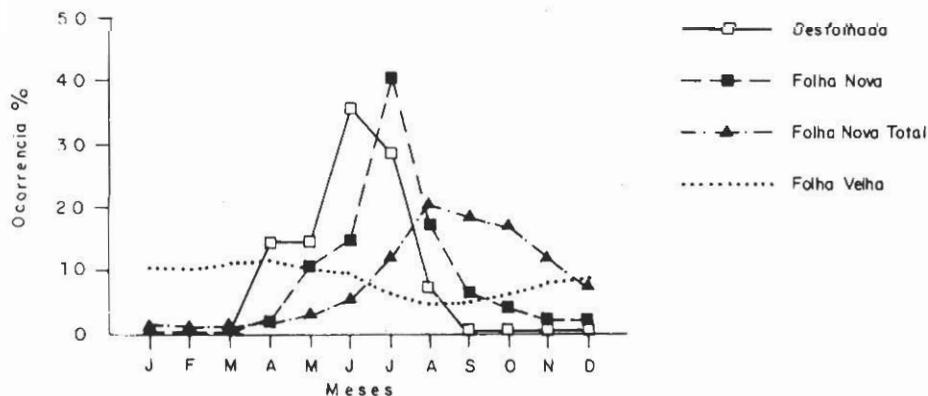
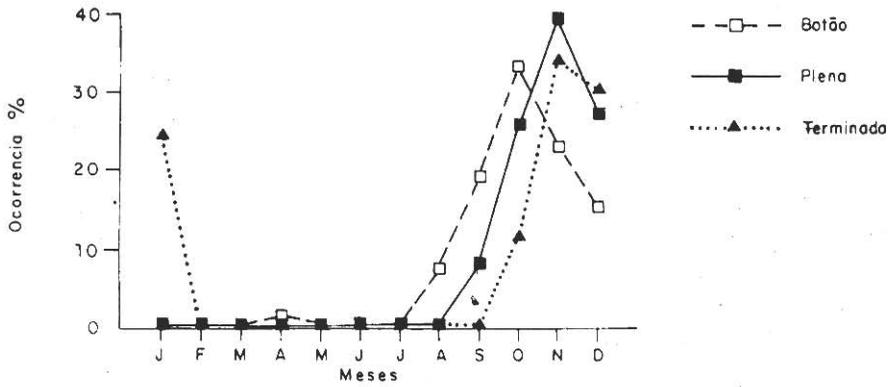
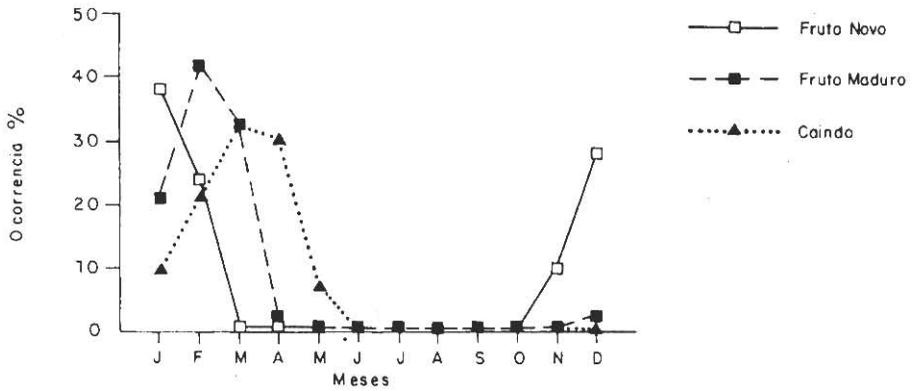


Figura 2. Percentagens médias mensais das fases fenológicas de *Radlkofarella macrocarpa* (Hubr.) Aubr., no período de 1970 a 1990, na Reserva Ducke, Manaus, Am.

## FLORAÇÃO



## FRUTIFICAÇÃO



## MUDANÇA FOLIAR

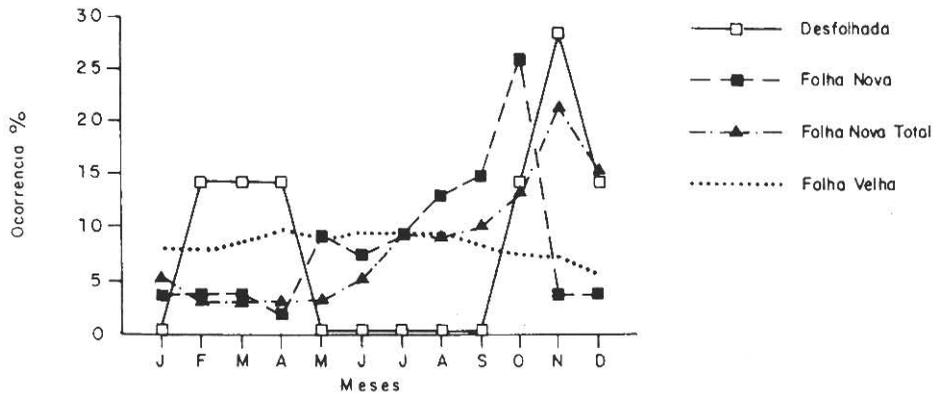
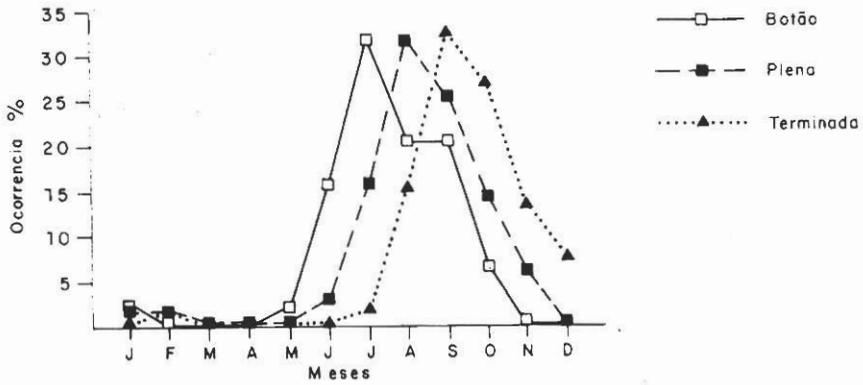
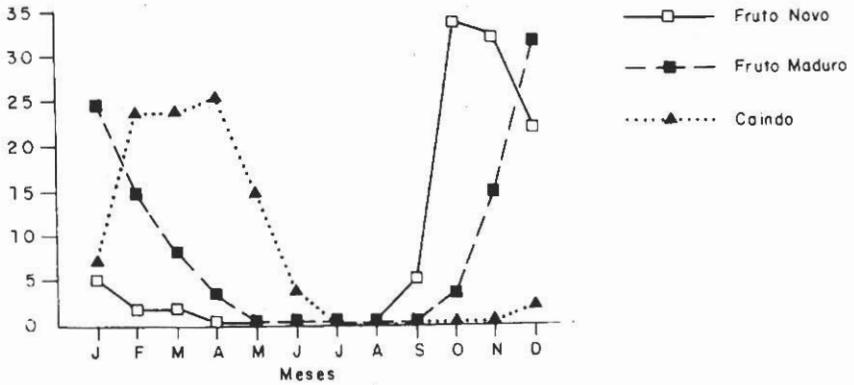


Figura 3. Percentagens médias mensais das fases fenológicas de *Chrysophyllum oppositum* (Ducke) Ducke, no período de 1970 a 1990, na Reserva Ducke, Manaus, Am.

## FLORAÇÃO



## FRUTIFICAÇÃO



## MUDANÇA FOLIAR

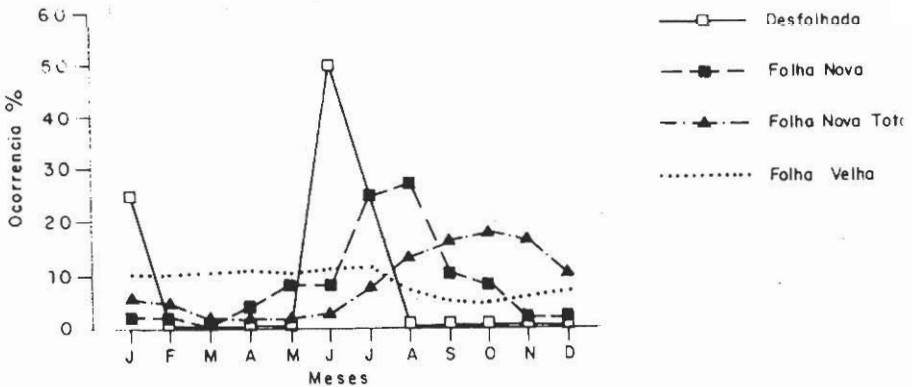
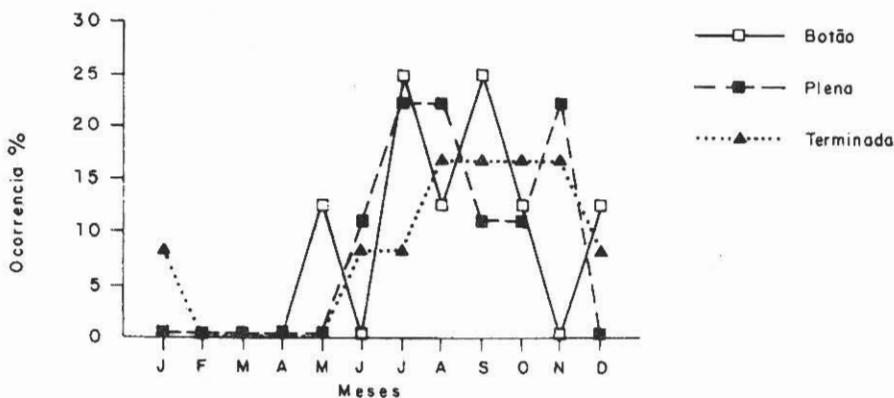
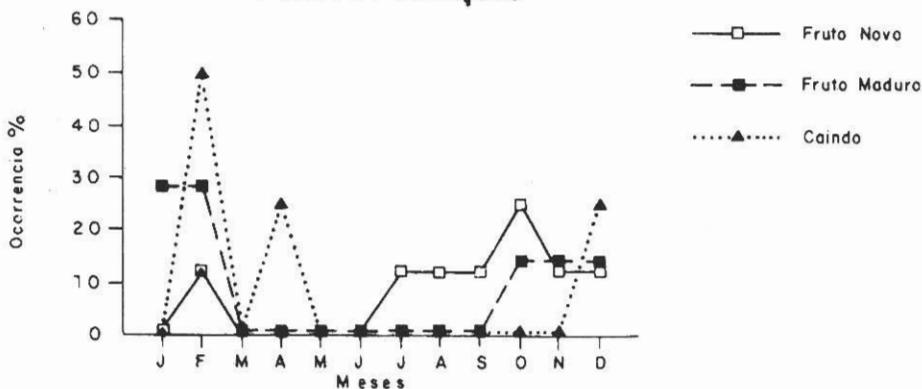


Figura 4. Percentagens médias mensais das fases fenológicas de *Ragala ucuquirana-branca* (Aubr. & Pellegr.) W. Rodr., no período de 1970 a 1990, na Reserva Ducke, Manaus, Am.

## FLORAÇÃO



## FRUTIFICAÇÃO



## MUDANÇA FOLIAR

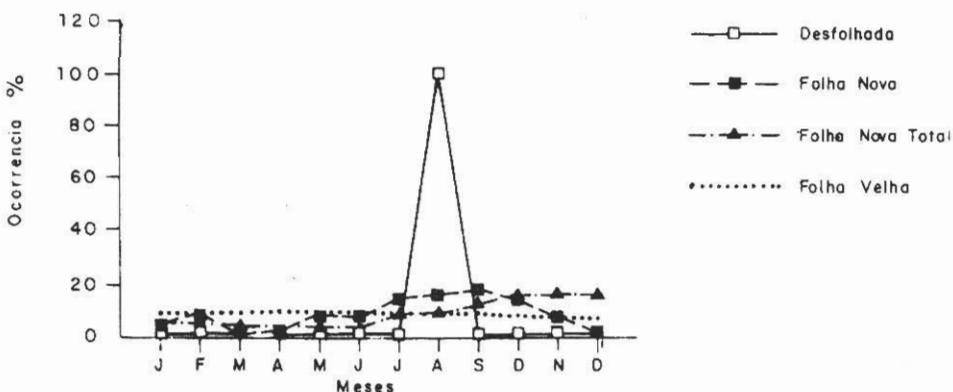


Figura 5. Percentagens médias mensais das fases fenológicas de *Ragala ulei* (Krause) Aubr., no período de 1970 a 1990, na Reserva Ducke, Manaus, Am.

**Tabela 1.** Meses de máxima ocorrência média das fenofases de cinco espécies de Sapotaceae. Reserva Ducke. Período: 1970 a 1990. Manaus, Am.

Espécie	Fenofases									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P. guianensis	set.	out.	nov.	nov.	dez.	dez.	jun.	ago.	out.	mar.
	out.	nov.	jan.	dez.	fev.	fev.	ago.	set.	nov.	jun.
R. macrocarpa	jun.	jul.	ago.	set.	nov.	dez.	jun.	jul.	ago.	mar.
	ago.	set.	out.	nov.	dez.	fev.	jul.	ago.	out.	mai.
C. oppositum	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	out.	set.	out.	abr.
	nov.	dez.	dez.	fev.	mar.	abr.	dez.	out.	dez.	ago.
R. ucuquirana-branca	jun.	jul.	set.	set.	dez.	fev.	jun.	jul.	set.	mai.
	set.	set.	nov.	dez.	fev.	abr.	e.	ago.	nov.	jul.
								jan.		
R. ulei	jul.	jul.	ago.	set.	dez.	fev.	ago.	ago.	out.	abr.
	set.	ago.	nov.	nov.	fev.	abr.	-	out.	dez.	ago.
		e								
			nov.							

**Tabela 2.** Periodicidade da plena floração (fase 2) de cinco espécies de Sapotaceae. Reserva Ducke. Período: 1970 a 1990. Manaus, Am.

Espécie	Anos										Padrão
P. guianensis	72	75	76	79	82	85	87	e	89		Bianual
R. macrocarpa	70	71	72	73	74	75	77	78	79	81	
	82	83	84	85	86	87	88	98	e	90	Anual
C. oppositum	71	72	75	76	79	82	84	85	86	87	
	88	89	e	90							Anual irreg.
R. ucuquirana-branca	70	71	73	74	78	79	81	82	85	86	
	88	89	90								Anual alter.
R. ulei	71	77	82	87	e	88					Anual alter. irreg.

**Tabela 3.** Periodicidade da frutificação (fase 5: frutos maduros) de cinco espécies de Sapotaceae. Reserva Ducke. Período: 1970 a 1990. Manaus, Am.

Espécie	Anos										Padrão
P. guianensis	72	73	77	79	82	e	86				Irregular
R. macrocarpa	70	71	72	73	78	86	87	e	88		Anual irreg.
C. oppositum	73	76	77	79	83	86	88	e	90		Anual irreg.
R. ucuquirana-branca	71	73	74	75	79	81	85	86	88	e	Anual alter.
	89										
R. ulei	88	89									Muito irreg.

Caesalpiniaceae; Acapu (*Vouacapoua pallidior* Ducke), Caesalpiniaceae; Cumaru (*Dipteryx odorata* Aubl. Willd.), Papilionaceae; e Mulateiro (*Peltogyne paniculata* Benth. *subsp.* *paniculata*), Caesalpiniaceae. Carvalho (1980) também relatou esse comportamento para *Copaifera* sp. na Floresta Nacional do Tapajós. MORI & PRANCE (1990) observaram que *Corithophora alta* (Lecythidaceae) também concentrou seu período de floração na estação chuvosa. LIMA JUNIOR (1992) verificou que, das cinco espécies de Lecythidaceae estudadas na Reserva Ducke, apenas *Lecythis zabucaja* teve o pico da floração na estação seca e as outras (*Lecythis prancei*, *Cariniana micrantha*, *Corythophora alta* e *Corythophora rimosa*) na estação chuvosa. ALENCAR (1991) levantou a hipótese de que esse comportamento diferente da maioria das espécies já estudadas, deve estar correlacionado, principalmente, com o tipo de polinizador.

### Frutificação

Considerando a fenofase fruto maduro como intermediária das três fases, a frutificação ocorreu na estação chuvosa, que vai de dezembro abril (Fig.1 a 5 e Tab.1). Vê-se que os valores máximos de frutos maduros ocorreram entre os meses de dezembro e fevereiro para *P. guianensis*; para *R. macrocarpa*, entre novembro e dezembro; para *C. oppositum*, entre janeiro e março; para *R. ucuquirana-branca*, entre dezembro e fevereiro; e para *R. ulei*, entre dezembro e fevereiro. Os valores máximos de

frutos novos, frutos caindo e sementes dispersadas também ocorreram nos meses de estação chuvosa (Tab.1).

Os padrões de periodicidade para a fase de frutos maduros foram os seguintes: *P. guianensis*, *irregular*; *R. macrocarpa* e *C. oppositum*, *anual irregular*; *R. ucuquirana-branca*, *anual alternado*; e *R. ulei*, padrão muito irregular, tendo sido observada com frutos maduros em apenas 2 anos (88 e 89); embora *R. ulei* tenha florescido em 1971, não foi observada com frutos neste ano; e embora tenha sido observada com frutos novos em 1976, 77 e 1987, não observou-se frutos maduros nesses anos, provavelmente, por causa de predação dos frutos por animais (pássaros, macacos, entre outros).

ARAUJO (1970) e ALENCAR *et al.* (1979) também verificaram na Reserva Ducke, para mais de cinquenta espécies, que a maioria apresentou frutos maduros e frutos caindo na estação chuvosa. Para as espécies agora estudadas este fato talvez esteja correlacionado com o tipo de fruto. Uma vez que estas espécies têm frutos carnosos, a disponibilidade de água parece ser uma necessidade importante para a frutificação. Ao contrário, várias espécies de leguminosas, cujos frutos são secos, com sementes pequenas, frutificaram no início da estação seca (ALENCAR *et al.* 1979). Nas florestas tropicais há ocorrência de frutos durante todo o ano, não existindo uma sazonalidade marcante. Este fato foi sugerido por LONGMAN & JENHIK (1987) como uma interação entre as árvores e a necessidade de sobrevivência dos

frugívoros, eventuais dispersores das sementes. A irregularidade na frutificação das espécies aqui estudadas talvez seja explicada pela predação dos frutos por animais, uma vez que são todos carnosos e comestíveis. MAGALHÃES & ALENCAR (1979) relataram que os frutos de Pau-rosa (*Aniba duckei* Kosterm.), hoje denominada *A. rosaeodora* Ducke, sofreu intensa predação dos frutos por pássaros Psitacídeos, e a irregularidade na frutificação poderia estar correlacionada com o controle da população desses pássaros.

### Mudança foliar

Os valores máximos de árvore desfolhada (fase 7) ocorreram na estação seca para todas as espécies: *P. guianensis*, entre junho e agosto; *R. macrocarpa*, entre junho e julho; *C. oppositum*, entre outubro e dezembro; *R. ucuquirana-branca*, em junho e janeiro; e *R. ulei*, em agosto (Fig. 1 a 5 e Tab. 1).

*C. oppositum* foi observada parcialmente desfolhada em novembro/83; outubro e dezembro/84. *R. macrocarpa* foi observada parcialmente desfolhada nos anos 70, 72, 75, 76, 77, 78, 81 e 82, com 1 indivíduo somente. *P. guianensis* esteve também parcialmente desfolhada somente em julho/71, agosto/77, agosto/78 e junho/87, com apenas 1 indivíduo apresentado nessa ocorrência. *R. ucuquirana-branca* foi observada parcialmente desfolhada apenas três vezes: Junho/74, junho e julho/78 e, excepcionalmente, em janeiro/89; e *R. ulei* somente uma vez, em agosto/75. Por esse motivo, *P. guianensis*, *C. oppositum*, *R.*

*ucuquirana-branca* e *R. ulei* foram consideradas espécies perenifólias. *R. macrocarpa* apresentou-se como espécie perenifólia a semi-caducifólia durante a floração.

ALENCAR *et al.* (1979) verificaram que a fase de desfolhamento ocorreu na estação seca, para a maioria de 27 espécies, das quais 16, apresentaram-se como perenifólias, 8 semicaducifólias (geralmente antes da floração), 2 caducifólias antes da floração e 1 caducifólia no fim da frutificação. KLINGE & RODRIGUES (1968) mostraram, numa floresta primária próxima da Reserva Ducke, que a queda de folhas e outros detritos ocorreu durante todo o ano, mas a manta formada durante a estação seca (junho a outubro) correspondeu a 50% da produção total.

Os valores máximos de folhas novas (fase 8) ocorreram nos meses de estação seca: agosto a setembro, para *P. guianensis*; *R. macrocarpa*, entre julho e agosto; *C. oppositum*, entre setembro e outubro; *R. ucuquirana-branca*, entre julho e agosto; e *R. ulei*, entre agosto e outubro (Tab. 1).

A fenofase 9 (árvore totalmente com folhas novas) ocorreu também na estação seca para todas espécies, antes da plena floração (Tab. 1): *P. guianensis*, entre outubro e novembro; *R. macrocarpa*, entre agosto e outubro; *C. oppositum*, entre outubro e dezembro; *R. ucuquirana-branca*, entre setembro e novembro; e *R. ulei*, entre outubro e dezembro.

ALENCAR *et al.* (1979) relataram que 70,37% das espécies estudadas por eles apresentaram a curva de folhas novas

quase sempre seguindo a mesma tendência inicial da floração, antecedendo ou ocorrendo simultaneamente. ALVIN (1966) mostrou que a relação aparente entre a emissão de folhas e a floração de Coco, parece sugerir que o estímulo para a floração, provavelmente de natureza hormonal, se origina nas folhas jovens ou recentemente endurecidas e que houve acréscimo na floração logo em seguida às primeiras chuvas, após um período de reduzida precipitação.

A fase 10 (folhas velhas) apresentou valores baixos de ocorrência mensal, quase constantes durante o período deste estudo, para todas as espécies, fenômeno já relatado por ALENCAR *et al.* (1979). Os meses de menor ocorrência foram: *P. guianensis*, entre agosto e novembro; *R. macrocarpa*, entre maio e agosto; *C. oppositum*, entre agosto e dezembro; *R. ucuquirana-branca*, entre agosto e dezembro; e *R. ulei*, entre setembro e dezembro. Pode-se observar pelos gráficos das fenofases (Fig.1 a 5) que, à medida que decresceu a curva de folhas velhas, ocorreram valores máximos de árvore desfolhada e folhas novas, coincidindo ou vindo a seguir da fase de plena floração.

### **Análise dos Componentes Principais**

A contribuição à variação total foi de 68,8% no eixo 1 e 12,6% no eixo 2, totalizando 81,4% (Fig. 7).

As fases de plena floração (= fase 2), frutos maduros (= fase 5) e folhas novas (= fase 8) apresentaram 8,33 % de ocorrência média mensal, para o período estudado (Tab.4).

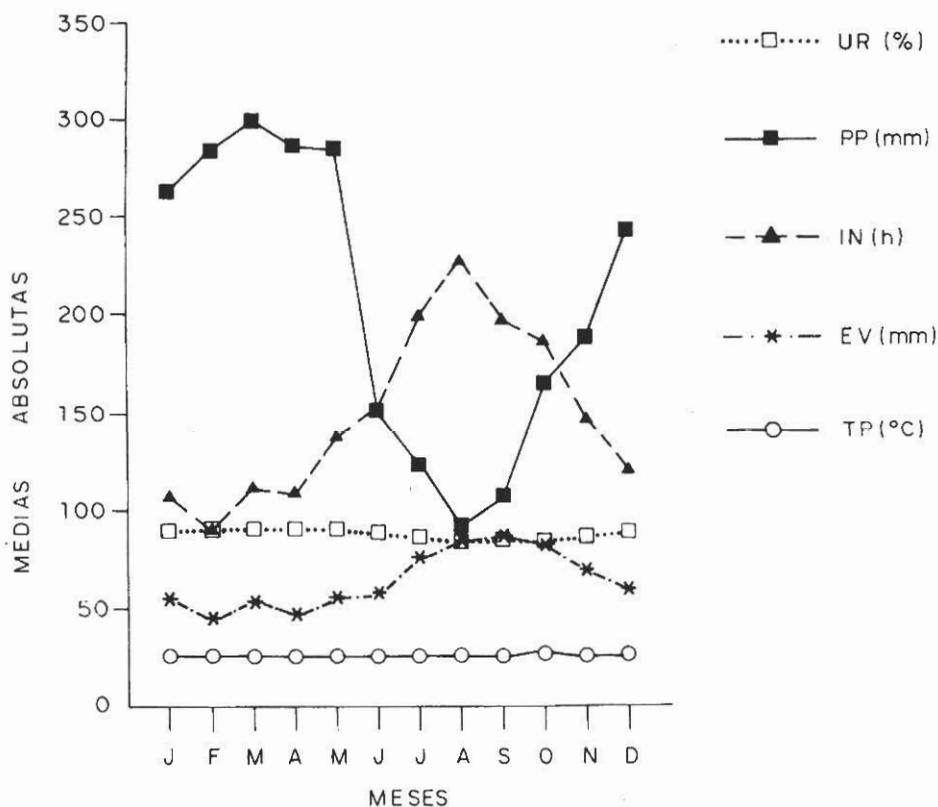
A precipitação mensal média foi de 204,37 mm, apresentando maiores valores

a partir de janeiro (>250 mm), com máximo em março (=300 mm) e valores elevados (>270 mm) até maio; a precipitação média mínima ocorreu em agosto (<100 mm); a insolação mensal média foi de 147,22 horas de brilho solar, crescendo a partir de fevereiro (<100 h), atingindo valor máximo em agosto (>200 h) e decrescendo em seguida até janeiro (<50 h); a evaporação líquida mensal média foi de 63,67 mm, com valores de 50 a <80 mm entre novembro e julho, e valores máximos entre agosto e outubro (84, 86 e 81 mm); a temperatura média apresentou valores médios mensais entre 25 a 26°C (25,6°C em média). A umidade relativa apresentou valores médios elevados (87 % em média), com valores superiores a 88 % entre janeiro e maio, com pouca variação entre os meses (Tab.4 e Fig.6) A precipitação teve distribuição anual oposta à insolação e à evaporação, todas variando bastante durante os meses do ano. Por este motivo, supõe-se que estas sejam as variáveis do clima de maior importância para a fenologia e desenvolvimento de árvores em floresta tropical (Fig.6).

Analisando-se a matriz de correlações lineares para as variáveis (Tab.5) e os gráficos das fenofases (Fig.1 a 5), determinou-se que existiu correlação negativa ( $= -0,65$ ) entre a umidade relativa e a plena floração, e entre a precipitação e a plena floração ( $= -0,57$ ) indicando maiores valores de floração quando ocorreram menores valores de precipitação e umidade relativa. Ao contrário, as correlações entre a plena floração e as variáveis insolação, evaporação e temperatura média foram positivas (0,52; 0,60; 0,62), mostrando que a plena floração

**Tabela 4.** Estatística elementar das variáveis fenológicas e climáticas. Reserva Ducke. Período: 1970 a 1990. Manaus, Am.

Variável	Média mensal
FR = plena floração	8
FR = frutos maduros	8,33%
FO = folhas novas	8,33%
UR = inidade relativa	87,26%
PP = precipitação	204,37mm
IN = isolação	147,22 horas
EV = evaporação	63,67mm
TP = temperatura média	25,6°C

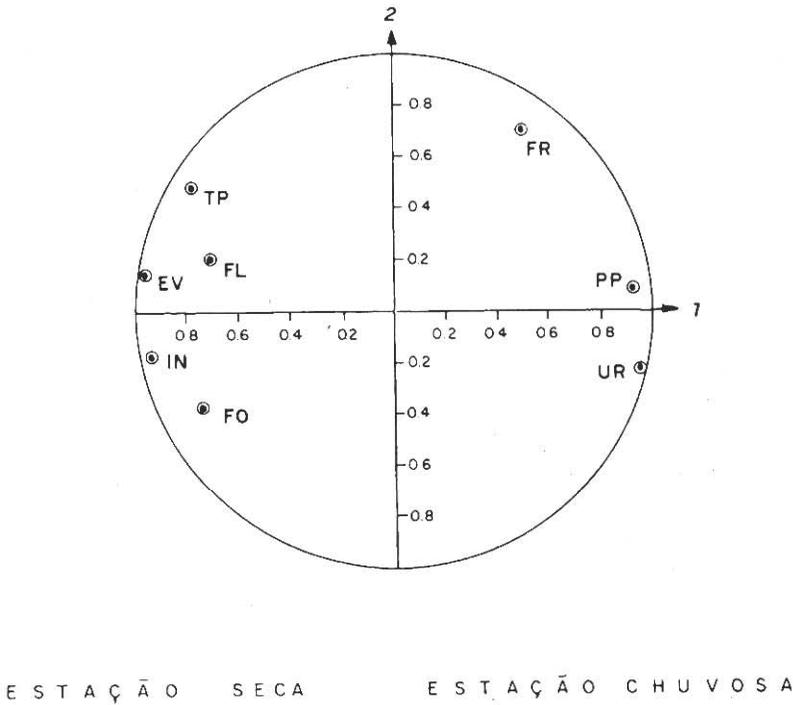


**Figura 6.** Valores médios mensais das variáveis umidade relativa UR (%), precipitação PP (mm), insolação IN (horas), evaporação EV (mm) e temperatura média TP (°C), no período de 1970 a 1990, na Reserva Ducke, Manaus, Am.

**Tabela 5.** Matriz de correlações lineares entre as variáveis. Análise dos componentes principais para cinco espécies de Sapotaceae. Reserva Ducke. Manaus, Am.

Var.	FL	FR	FO	UR	PP	IN	EV	TP
FL	1,0							
FR	-0,31	1,0						
FO	0,48	-0,42	1,0					
UR	-0,65	0,32	-0,61	1,0				
PP	-0,57	0,44	-0,74	0,9	1,0			
IN	0,52	-0,57	0,72	-0,86	-0,88	1,0		
EV	0,60	-0,37	0,65	-0,98	-0,88	0,89	1,0	
TP	0,62	-0,21	0,32	-0,85	-0,61	0,62	0,81	1,0

N = 12 meses x 5 espécies = 60 para G.L. = 60 - 2 = 58 a 1% de significância:  $r = 0,34$



TP = TEMPERATURA MÉDIA  
 FL = PLENA FLORAÇÃO  
 EV = EVAPORAÇÃO  
 IN = INSOLAÇÃO  
 FO = FOLHAS NOVAS

FR = FRUTOS MADUROS  
 PP = PRECIPITAÇÃO  
 UR = UMIDADE RELATIVA

**Figura 7.** Análise dos componentes principais. Círculo de correlações entre as variáveis e os eixos principais. Contribuição à variação total = 81,4%. Eixo 1 = 68,8%. Eixo 2 = 12,6. Reserva Ducke, Manaus, Am.

**Tabela 6.** Correlações entre as variáveis e os eixos principais. Análise dos componentes principais para cinco espécies de Sapotaceae. Reserva Ducke. Manaus, Am.

Var.	Eixo 1	Eixo 2
FL	-0,71	0,19
FR	0,51	0,70
FO	-0,75	-0,37
UR	0,96	-0,23
PP	0,93	0,08
IN	-0,93	-0,18
EV	-0,96	0,15
TP	-0,78	0,49

esteve diretamente correlacionada com a estação seca do ano.

A correlação da variável frutos maduros com a umidade relativa e precipitação foi positiva (0,32 e 0,44), mostrando que esta fenofase está ligada à estação chuvosa. Este resultado pode ser confirmado pelas curvas da frutificação (Fig.1 a 5). Ao contrário, a variável frutos maduros apresentou correlação negativa com as variáveis insolação (= -0,57), evaporação (= -0,37) e temperatura média (= -0,21), indicando que esta fenofase não esteve correlacionada com a estação seca.

Quanto à fenofase folhas novas, o comportamento foi similar ao da plena floração: Correlação negativa com a umidade relativa (= -0,61) e precipitação (= -0,74); e correlação positiva com a insolação (= 0,72), evaporação (= 0,65) e temperatura média (= 0,32). Assim, a fase de folhas novas correlacionou-se com a plena floração, e ambas estiveram relacionadas com a estação seca.

Por meio da representação plana, as contribuições das variáveis são explicadas pela posição de cada uma em relação aos eixos (Fig. 7 e Tab. 6). As variáveis precipitação e umidade relativa estão

situadas próximas do eixo 1, portanto bem representadas, com coeficientes de correlação de 0,93 e 0,96, formando um grupo que definiu a estação chuvosa. Em oposição a estas encontram-se as variáveis insolação e evaporação, com coeficientes negativos (-0,93 e -0,96), também bem representadas neste eixo. As variáveis plena floração e folhas novas com coeficientes negativos (-0,71 e -0,75) fazem parte do conjunto onde se situam a insolação e a evaporação, variáveis correlacionadas com a estação seca. A temperatura média (coef.= -0,78) apresentou-se no grupo da insolação e evaporação. A variável frutos maduros está melhor situada em relação ao eixo 2 (coef.= 0,7) do que ao eixo 1 (coef.= 0,51), mas pode-se afirmar sobre sua ligação com a estação chuvosa, dada a sua oposição às variáveis que definiram a estação seca.

ALENCAR (1990) mostrou a validade de análise multivariada para interpretação de fenômenos fenológicos, mas sem fazer correlações com variáveis meteorológicas.

### **Análise fatorial de correspondência simples.**

A contribuição referente à inércia representa a contribuição dos pontos à variância de cada eixo. A somatória de todas as contribuições a um mesmo eixo vale 100 e as variáveis que dão as contribuições mais fortes são as mais explicativas para esse eixo. Se o ponto estiver situado próximo do eixo, o valor do  $\cos^2$  é 1, ficando bem representado no eixo; se o ponto estiver situado longe do eixo, o  $\cos^2$  é 0, sendo portanto mal representado; e se o ponto encontrar-se perto da origem dos eixos, o  $\cos^2$  é insuficiente para informar sobre a qualidade da representação.

Os valores da inércia, das coordenadas e dos  $\cos^2$  são mostrados na Tabela 7. A precipitação apresentou a mais forte contribuição com 40,0 % de inércia e  $\cos^2=0,95$ , no eixo 1, seguida da insolação (25 %), plena floração (13 %), folhas novas (9 %) e frutos maduros (8 %) e evaporação (5 %). A temperatura média e a umidade relativa tiveram contribuição nula. No eixo 2, a variável frutos maduros apresentou a mais forte contribuição à inércia (75 %) e  $\cos^2=0,56$ , seguida da plena floração com 18% mas com baixo

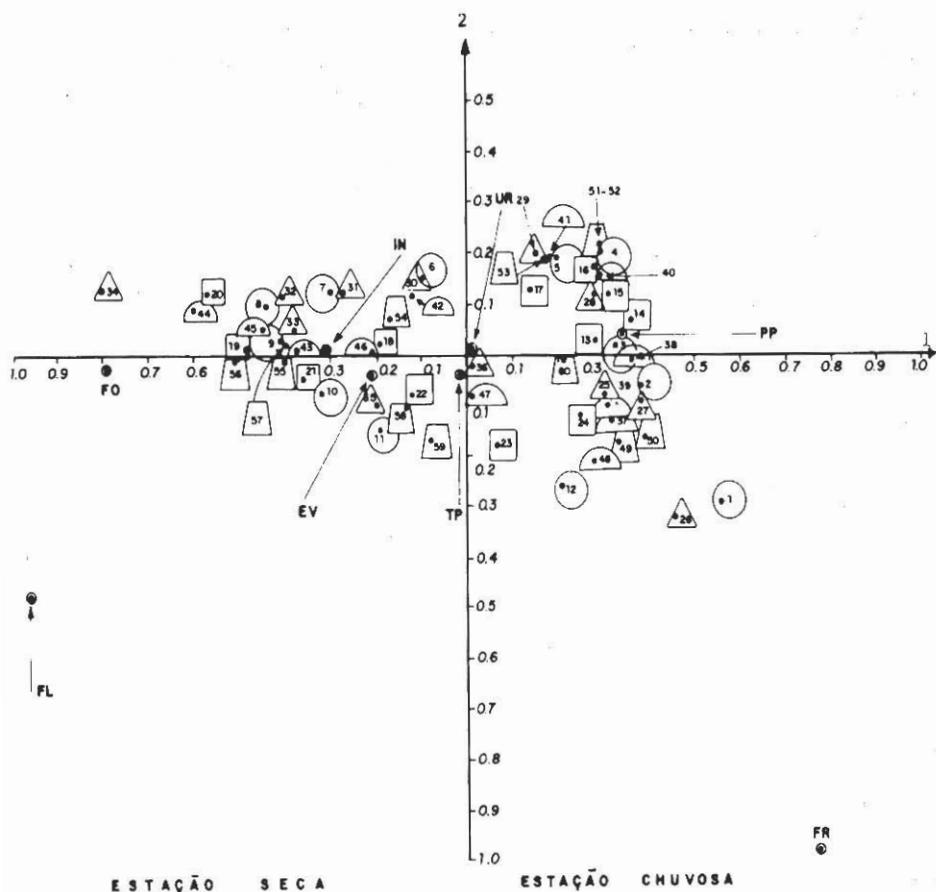
valor de  $\cos^2=0,13$ ; as outras variáveis apresentaram fraca contribuição.

A representação plana das espécies e variáveis nos eixos principais está na Figura 8. A contribuição à variação total foi de 84,9 %. No eixo 1, a precipitação com  $\cos^2=0,95$  ficou bem definida, em oposição à insolação ( $\cos^2=0,92$ ) e à evaporação ( $\cos^2=0,82$ ); quanto à fenologia, a fase de folhas novas foi a mais representativa ( $\cos^2=0,65$ ), seguida da plena floração ( $\cos^2=0,49$ ), as quais mostraram a tendência de ligação com a insolação e evaporação. A variável frutos maduros, embora mal representada no eixo 1, está melhor representada no eixo 2, com  $\cos^2=0,56$  (Tab.7). No eixo 1, a variável frutos maduros está em oposição às variáveis folhas novas e plena floração. Os valores dos  $\cos^2$  da umidade relativa (=0) e temperatura média(=0,3) foram insuficientes para informar sobre a qualidade da representação (Tab.7).

Com base nos valores dos  $\cos^2$  para as espécies e variáveis, considerou-se quatro classes de contribuições no eixo 1, para avaliação dos meses com comportamento em oposição, para as

**Tabela 7.** Contribuição relativa à inércia,  $\cos^2$  e coordenadas das variáveis nos eixos principais. Análise fatorial de correspondência simples para cinco espécies de Sapotaceae. Reserva Ducke. Manaus, Am.

Variável	Eixo 1			Eixo 2		
	Cos <sup>2</sup>	Coord.	Inércia	Cos <sup>2</sup>	Coord.	Inércia
PP	0,95	0,34	40	0,02	0,05	4
IN	0,92	-0,32	25	0,01	0,03	2
FL	0,49	-0,96	13	0,13	-0,49	18
FO	0,65	-0,79	9	0	-0,03	0
FR	0,36	0,78	8	0,56	-0,98	75
EV	0,82	-0,22	5	0,03	-0,05	1
TP	0,3	-0,03	0	0	-0,003	0
UR	0	0,001	0	0,02	0,008	0
-	-	-	100%	-	-	100%



FL = PLENA FLORAÇÃO  
 FO = FOLHAS NOVAS  
 IN = INSOLAÇÃO  
 EV = EVAPORAÇÃO  
 TP = TEMPERATURA MÉDIA

PP = PRECIPITAÇÃO  
 FR = FRUTOS MADUROS  
 UR = UMIDADE RELATIVA

- 1 ..... 12 = JAN ..... DEZ. = *P. guianensis*  
 □ 13 ..... 24 = JAN ..... DEZ. = *R. macrocarpa*  
 △ 25 ..... 36 = JAN ..... DEZ. = *C. oppositum*  
 ○ 37 ..... 48 = JAN ..... DEZ. = *R. ucuquirana-branca*  
 □ 49 ..... 60 = JAN ..... DEZ. = *R. ulei*

Figura 8. Análise fatorial de correspondência simples entre as espécies e as variáveis. Contribuição à variação total = 84,9%. Eixo 1 = 72,0%. Eixo 2 = 12,9%. Reserva Ducke, Manaus, Am.

espécies e variáveis: Forte ( $\cos^2=0,80$  a 1); média ( $\cos^2=0,60$  a 0,79); fraca ( $\cos^2=0,30$  a 0,59); e muito fraca ( $\cos^2<0,30$ ). Este procedimento permitiu determinar as variáveis em oposição e a relação destas com as estações do ano (Tab. 8). Com forte

contribuição apresentaram-se a precipitação (0,95), a insolação (0,92) e a evaporação (0,89), onde a precipitação definiu a estação chuvosa e as outras duas a estação seca; com média contribuição apresentou-se a

**Tabela 8.** Classes de contribuições para as espécies e variáveis no eixo 1. Análise fatorial de correspondência simples. Reserva Ducke. Manaus, Am.

Espécie	Mês	cos <sup>2</sup>	Oposição	Espécie	Mês	cos <sup>2</sup>
R. ulei	ago	0,98		P. guianensis	mar.	0,99
R. ulei	jul.	0,96		P. ucuquirana-branca	fev.	0,98
R. ulei	out.	0,93		R. macrocarpa	jan.	0,96
C. oppositum	out.	0,93		P. guianensis	fev.	0,95
P. guianensis	set.	0,92		R. macrocarpa	fev.	0,94
R. ucuquirana-branca	ago.	0,92	forte	R. ulei	dez.	0,91
R. ucuquirana-branca	ago	0,92	<--->	C. oppositum	jan.	0,89
R. ucuquirana-branca	jun.	0,89	cos <sup>2</sup> =	R. ucuquirana-branca	mar.	0,88
R. macrocarpa	ago.	0,89	0,80 a 1,0	R. macrocarpa	ma r.	0,84
R. ucuquirana-branca	out.	0,87		R. ucuquirana-branca	jan.	0,82
IN = Isolação		0,92		PP = Precipitação		0,95
EV = Evaporação		0,89				

Estação seca				Estação chuvosa			
R. macrocarpa	jun.	0,78		R. ulei	fev.	0,77	
P. guianensis	ago.	0,73		C. oppositum	mar.	0,76	
R. ulei	jun.	0,67		R. ulei	jan.	0,72	
R. macrocarpa	jul.	0,66		R. ucuquirana-branca	abr.	0,72	
C. oppositum	ago.	0,64	Média	C. oppositum	abr.	0,71	
P. guianensis	out.	0,63	<--->	R. macrocarpa	dez.	0,70	
FO = Folhas novas		0,65	cos <sup>2</sup> =	R. macrocarpa	abr.	0,68	
			0,60 a 0,79	P. guianensis	abr.	0,63	
				C. oppositum	fev.	0,63	
				R. ulei	mar.	0,62	
				R. ulei	abr.	0,62	

Estação seca				Estação chuvosa			
P. guianensis	jul.	0,59		R. ucuquirana-branca	dez.	0,53	
R. ulei	out.	0,57		P. guianensis	mai.	0,48	
C. oppositum	jul.	0,53	Fraca	R. ulei	mai.	0,44	
R. ucuquirana-branca	jun.	0,37	<--->	R. ucuquirana-branca	mai.	0,42	
R. macrocarpa	out.	0,31	cos <sup>2</sup> =	C. oppositum	mai.	0,40	
FL = Plena floração		0,49	0,30 a 0,59	P. guianensis	dez.	0,39	
				R. macrocarpa	mai.	0,35	
				FR = Frutos maduros		0,35	

Estação seca				Estação chuvosa e início da estação seca			
P. guianensis	nov.	0,21	Muito	R. macrocarpa	nov.	0,090	
P. guianensis	jun.	0,21	fraca	R. ucuquirana branca	nov.	0,040	
C. oppositum	jun.	0,20	<--->	C. oppositum	dez.	0,003	
C. oppositum	nov.	0,19	cos <sup>2</sup> 0,30	UR = Unidade Relativa		0	
R. ulei	nov.	0,19					
TP = temperatura média		0,29					

variável folhas novas (0,65), na estação seca; tiveram fraca contribuição a plena floração (0,49) na estação seca e frutos maduros (0,35) na estação chuvosa. A contribuição da temperatura média (0,29) foi muito fraca e a da umidade relativa foi nula.

Entretanto, pensa-se que as variáveis climáticas sejam apenas um dos diversos vetores nesse relacionamento. Por isso, formula-se aqui a hipótese de que os padrões fenológicos seriam mais afetados pelas condições endógenas das espécies (fisiológicas, nutricionais, edáficas, genéticas, modo de reprodução) e pelos vetores ecológicos (polinização, predação, competição) do que somente pela influência das variáveis climáticas. Se os fatores meteorológicos fossem os únicos responsáveis pela floração das espécies, como explicar, por exemplo, a ocorrência de floração na estação seca para muitas espécies, floração na estação chuvosa e floração na transição da estação seca para a chuvosa para outras espécies? O clima exerce influência, mas supõe-se que cada espécie tem sua especificidade biológica, seus polinizadores, competidores e predadores, que selecionaram as condições para cada espécie se estabelecer e sobreviver. Ou seja, a ocorrência da floração, por exemplo, seria causada por vários fatores que estão influenciando e interagindo no processo contínuo de coevolução entre animais e plantas, de acordo com os mecanismos da seleção natural, segundo a qual somente sobrevivem os indivíduos que se adaptam a um determinado habitat. Encontrar correlações entre as variáveis

climáticas e fenológicas é importante e pode ajudar a compreender esses fenômenos, mas não explica tudo.

Deste modo, os resultados da fenologia de árvores em floresta tropical precisam ser entendidos tendo em vista a complexidade desses fatores, não podendo ser explicada somente pela influência climática. Até o presente momento, não há uma confirmação definitiva das causas determinantes da fenologia de árvores em floresta tropical úmida.

### Bibliografia citada

- ALENCAR, J.C. 1978. *Mapa da Reserva Florestal Adolpho Ducke. Escala 1:100.000*. Inédito.
- - 1986. *Análise de associação e estrutura de uma comunidade de floresta tropical úmida, onde ocorre Aniba rosaeodora Ducke (Lauraceae)*. Tese de Doutorado. Curso de Pós-graduação INPA/FUA. 206p. e Apêndice.
- - 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.
- - 1990. Interpretação fenológica de espécies lenhosas de Campina na Reserva Biológica de Campina do INPA ao norte de Manaus. *Acta Amazonica*, 20(único):145-183.
- - 1991. *Estudos fenológicos de espécies florestais arbóreas e de palmeiras nativas da Amazônia*. In: Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas. Editores: Val, A.L.; Figliuolo, R. & Feldberg, E. :215-220.
- 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.
- ALVIN, P.T. 1966. Factors affecting flowering of the cocoa tree. *Cocoa Grower's Bulletin*, 7:1-15.
- ARAUJO, V.C. 1970. Fenologia de essências florestais amazônicas. 1. *Boletim do INPA*, 4:1-25.
- AUBRÉVILLE, A. 1938. La forêt coloniale: Les forêts de l'Afrique occidentale française. *Annal. Acad. Sci. Colo.*, 9:1-245.
- BRINKMANN, W.L.; WEINMAN, J.A.; & RIBEIRO, M.N.G. 1971. Air temperatures in Central Amazonia. 1. The daily record of air temperatures in a secondary forest near Manaus under cold front conditions (July 4<sup>th</sup> to July 13<sup>th</sup>, 1969). *Acta Amazonica*, 1(1):75-76.
- CARVALHO, J.O.P. 1980. Fenologia de espécies florestais de potencial econômico que ocorrem na Floresta Nacional do Tapajós. EMBRAPA. *Boletim de Pesquisa*, 20: 1-15.
- FALESI, I.C. et al. 1969. Os solos da área da Manaus-Itacoatiara. Instituto de Pesq. e Exper. Agrop. do Norte (IPEAN). *Série Estudos e Ensaios*, 1:116.
- FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. & OPLER, P.A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the Lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 62(3):881-919.
- HOLTUM, R.E. 1931. On periodic leaf-change and flowering of trees in Singapore. *Gardens Bull.*, Singapore, 5:173-206.
- JARDIM, F.C.S. & HOSOKAWA, R.T. 1986/87. Estrutura da floresta equatorial úmida na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. *Acta Amazonica*, 16/17(nº único): 411-508.
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W.A. 1968. Litter production in an area of Amazonian Terra Firme Forest. Part I. Litter fall. Organic carbon and total Nitrogen contents of litter. *Amazoniana*, 1(4): 287-301.
- LIMA JUNIOR, M.J.V. 1992. *Fenologia de cinco espécies de Lecythidaceae na Reserva Florestal Ducke, Manaus-Am.* Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação INPA/FUA. 72p.
- LIMA JUNIOR, M.J.V. & ALENCAR, J.C. 1992. Fenologia de duas espécies do gênero *Corythophora* da família Lecythidaceae na Reserva Ducke, Manaus-Am. 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas. *Conservação da Biodiversidade*. Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo. 29.03 a 03.04.
- LONGMAN, K.A. & JENIK, J. 1987. *Tropical forest and its environment*. Scientific & Technical. 2ª edição. New York. 347p.
- 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.
- MONTAGNER, L.H. & YARED, J.A.G. 1983. Aspectos da fenologia de *Cordia goeldiana* Huber e suas relações com alguns parâmetros climáticos. EMBRAPA. *Boletim de Pesquisa*, 54 : 1-18.
- MORI, A.S. & PRANCE, G.T. 1990. *Flora Neotropica: Lecythidaceae*. Part II. Monograph. 21. New York Botanical Garden. 299p.
- NJOKU, E. 1963. Seasonal periodicity in the growth and development of some forest trees in Nigeria. I- Observations on mature trees. *Journal of Ecology*, 51:617-624.
- RANZANI, G. 1979. Recursos pedológicos da Amazônia. In: Estratégias para a política florestal na Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*, 9(4):23-35.
- RIBEIRO, M.N.G. 1976. Aspectos climatológicos de Manaus. *Acta Amazonica*, 6(2):229-233.
- UMAÑA, C.L.A. 1992. *Comportamento fenológico da Sucupira-preta (Diploptropis purpurea (Rich.) Amsh. var. coriacea Amsh.), na Reserva Florestal Ducke*. Monografia apresentada no Instituto de Tecnologia da Amazônia (UTAM) para obtenção do grau de Engenheiro Florestal. 39p.
- 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(2-3):199-211.

Aceito para publicação em 26.04.1995