

RUTH MARIA CORDEIRO SCERNE

ESTUDO AGROCLIMÁTICO DO CACAUEIRO (*Theobroma cacao* L.), EM
BELÉM, PA

T
551.584
S 282 e
1988
ex. 02

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Meteorolo-
gia Agrícola, para Obtenção do Tí-
tulo de "Magister Scientiae".

VIÇOSA
VIÇOSA-MINAS GERAIS
JULHO - 1988

Ficha catalográfica preparada pela Área de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S289e Scerne, Ruth Maria Cordeiro.
1988 Estudo Agroclimático do cacauzeiro
(Theobroma cacao L.), em Belém, PA. Viçosa, UFV, 1988.
64p. ilustr.

Tese (M.S) - UFV

1. Climatologia agrícola. 2. Cacau - Eco-
fisiologia. 3. Cacau - Evapotranspiração.
4. Ecologia vegetal. 5. Evapotranspiração.
6. Meteorologia agrícola. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 18.ed.: 630.2516


CDD 19.ed.: 630.2516

RUTH MARIA CORDEIRO SCERNE

ESTUDO AGROCLIMÁTICO DO CACAUEIRO (*Theobroma cacao* L.), EM
BELEM, PA

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Meteorolo-
gia Agrícola, para Obtenção do Tí-
tulo de "Magister Scientiae".


APROVADA: 02 de maio de 1988


Prof. Gilberto C. Sedyama
(Conselheiro)


Prof. José Tarcísio L. Thiébaut
(Conselheiro)


Prof. Rubens Leite Vianello


Prof. Dirceu Teixeira Coelho


Prof. José Maria Nogueira da Costa
(Orientador)

A meu pai, Ubiracy Scerne (*in memoriam*).

À minha mãe, Rita Scerne.

A meu irmão, Paulo e às minhas irmãs Célia e Socorro.

Aos meus cunhados e aos meus sobrinhos.

AGRADECIMENTOS

À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), que, por intermédio do Departamento Especial da Amazônia (DEPEA), proporcionou o curso.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao professor José Maria Nogueira da Costa, pela valiosa orientação e pelas sugestões apresentadas.

Aos professores conselheiros, Gilberto C. Sedyama e José Tarcísio Lima Thiébaut, pelo processo de transferência de conhecimento e, sobretudo, pela dedicação e amizade.

Ao professor Rubens Leite Vianello, pela maneira eficiente como coordenou o curso de Meteorologia Agrícola.

Ao professor Dirceu Teixeira Coelho, pela amizade e consideração.

Ao Augusto Olímpio da Silva Santos e Ivan Crespo e demais amigos da CEPLAC, pela consideração, pelo estímulo e pela confiança dispensados, o que muito contribuiu, principalmente na etapa final na realização deste curso.

Aos casais Gilka e Edson Lopes Lima, Santana e Jay Wallace Mota, Ivete e Paulo Júlio Silva Neto e a D. Custódia Bitarães, pelo convívio familiar.

À Wilbea Oliveira, Elizabete Vasconcellos, Nair e Simone de Assis, Elza Shimohira, Carlos de Castro, Vicente Marcolino e Jarbas Peixoto, pela consideração, pela amizade e pelo incentivo.

À jovem senhora Heloísa Maia e ao Senhor Lecir Riudades, pelo apoio moral na etapa de conclusão deste trabalho.

Ao Dilson Costa, meu noivo e amigo, pelo amor, carinho, compreensão e paciência.

À minha mãe Rita; a meus irmãos Paulo, Célia e Socorro; a meus cunhados Joana (Jô), Assis e Carlos, e aos meus sobrinhos Junior, Ritinha, Dannielle, Priscilla, Thaissa, Carlinhos, Nicholle e Poliana, por todo este amor maravilhoso que me dedicam.

À Deus, por não me deixar fraquejar, por me dar coragem e muita determinação.

BIOGRAFIA

RUTH MARIA CORDEIRO SCERNE é natural de Belém, Estado do Pará.

Em dezembro de 1976, graduou-se em Engenharia Agrônômica, pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, PA.

Em fevereiro de 1977, foi contratada como Pesquisador Auxiliar, pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC, Departamento Especial da Amazônia - DEPEA. De 1977 a 1979, chefiou o antigo Campo Experimental da CEPLAC, em Belém - CEBEL.

De 1982 a 1983, atuou como substituta eventual da chefia da Divisão de Agrologia - DIVAG, da Coordenadoria de Pesquisa - COPES, da CEPLAC/DEPEA, onde exerce a função de Pesquisador Assistente.

Em fevereiro de 1984, iniciou o curso de Mestrado em Meteorologia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa - UFV, em Viçosa, MG.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
EXTRATO	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Origem, Classificação e Caracterização Botânica	3
2.2. Clima e Solo	4
2.3. Fenofases do Cacaueiro	5
2.3.1. Queda de Folhas e Lançamento de Folhas Novas	5
2.3.2. Floração	7
2.3.3. Produção de Frutos Maduros e Incidência de Pecos	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Lançamento de Folhas Novas	11
3.2. Queda de Folhas	13
3.3. Floração	13
3.4. Produção de Frutos Maduros e Incidência de Pecos	16
3.5. Análise Estatística	16

	Página
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1. Variáveis Agroclimáticas	17
4.1.1. Temperatura do Ar	17
4.1.2. Umidade Relativa	20
4.1.3. Duração Mensal do Brilho Solar	22
4.1.4. Precipitação Pluvial	24
4.1.5. Evapotranspiração Potencial	24
4.1.6. Deficiência Hídrica e Excedente Hídrico no Solo	27
4.2. Relação entre Eventos Fenológicos do Cacaueiro e Variáveis Agroclimáticas	29
4.2.1. Lançamento de Folhas Novas	29
4.2.2. Queda de Folhas	33
4.2.3. Floração	38
4.2.4. Incidência de Pecos	45
4.2.5. Produção de Frutos Maduros	49
5. RESUMO E CONCLUSÕES	56
BIBLIOGRAFIA	59

LISTA DE QUADROS

	Página
1 · Valores Médios das Variáveis Agroclimáticas em Belém, PA, 1974/1983, Latitude: 1°28' S, Longitude: 48°27' W, Altitude: 12,8 m	18
2 Média e Variação Mensais do Lançamento de Folhas Novas do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983	31
3 Média e Variação Mensais da Queda de Folhas do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983	35
4 Média e Variação Mensais da Floração do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983 ...	40
5 Média e Variação Mensais da Incidência de Pecos do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983	47

6	Média e Variação Mensais da Produção de Frutos Maduros do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983	51
---	---	----

LISTA DE FIGURAS

Página

1	Representação Esquemática da Distribuição das Ramas dos Cacaueiros Utilizados na Avaliação do Lançamento de Folhas Novas. As Ramas da Parte Inferior Estão Identificadas como 1L, 2L e 3L; as Ramas da Parte Mediana Correspondem a 4L, 5L, 6L e 7L; as Ramas da Parte Superior da Copa do Cacaueiro Referem-se a 8L, 9L e 10L ...	12
2	Representação Esquemática da Caixa Coletora de Folhas Caídas, Utilizada na Avaliação da Queda de Folhas	14
3	Representação Esquemática da Rede Coletora de Flores, Utilizada na Avaliação da Floração	15
4	Temperatura Média do Ar e Amplitude Térmica para Belém, PA, no Período de 1974/1983.....	19
5	Umidade Relativa do Ar para Belém, PA, no Período de 1974/1983	21

	Página
6	Duração do Brilho Solar para Belém, PA, no Período de 1974/1983 23
7	Precipitação Pluvial para Belém, PA, no Período de 1974/1983 25
8	Evapotranspiração Potencial para Belém, PA, no Período de 1974/1983 26
9	Deficiência Hídrica no Solo (DÉFICIT) e Excedente Hídrico (EXC) para Belém, PA, no Período de 1974/1983 28
10	Média Mensal do Lançamento de Folhas Novas do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983 30
11	Variação Anual do Lançamento de Folhas Novas do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983. 32
12	Média Mensal da Queda de Folhas do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983 34
13	Variação Anual da Queda de Folhas do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983 37
14	Média Mensal da Floração do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983 39
15	Valores Médios Mensais de Precipitação Pluvial Defasados de Dois Meses, em Relação aos Valores Médios Mensais de Floração 42
16	Variação Anual da Floração do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983 44
17	Média Mensal da Incidência de Pecos no Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983 46

18	Variação Anual da Incidência de Pecos do Cacau eiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983 ...	48
19	Média Mensal da Produção de Frutos Maduros do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983	50
20	Valores Médios Mensais de Precipitação Pluvial Defasados de Oito Meses, em Relação aos Valores Médios Mensais da Produção de Frutos Maduros, em Belém, PA, no Período de 1974/83	53
21	Variação Anual da Produção de Frutos Maduros do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983	55

EXTRATO

SCERNE, Ruth Maria Cordeiro, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 1988. *Estudo Agroclimático do Cacaueiro (Theobroma cacao L.)*, em Belém, PA. Professor Orientador: José Maria Nogueira da Costa. Professores Conselheiros: Gilberto C. Sediyama e José Tarcísio Lima Thiébaud.

Este trabalho baseou-se em dados fenológicos do cacaueiro, obtidos em pesquisa conduzida no Campo Experimental da CEPLAC, em Belém, PA (1°28' S; 48°27' 0; 12,8 m de altitude), durante o período de 1974/1983, com o objetivo de estudar as relações entre os eventos fenológicos do cacaueiro e as variáveis agroclimáticas.

Observações mensais de lançamento de folhas novas, queda de folhas, floração, incidência de pecos e produção de frutos maduros foram analisados em função das variáveis agroclimáticas mensais de temperatura do ar, umidade relativa, duração do brilho solar, precipitação pluvial, evapotranspiração potencial, deficiência hídrica e excesso hídrico no solo.

A queda mensal de folhas apresentou-se positivamente correlacionada com a temperatura média do ar ($r = 0,8444$) e negativamente correlacionada com a precipitação pluvial ($r = -0,6945$).

A floração do cacauero apresentou-se significativamente associada com a precipitação pluvial defasada de dois meses, com coeficiente de correlação de -0,9390.

A incidência média mensal de pecos apresentou maior associação com a amplitude térmica ($r = 0,6354$) e o excedente hídrico ($r = -0,5243$).

A produção média mensal de frutos maduros por cacauero apresentou mais forte associação com o excedente hídrico ($r = 0,8347$) e precipitação pluvial ($r = 0,8274$), ambos defasados de oito meses.

1. INTRODUÇÃO

O cacauieiro (*Theobroma cacao* L.) é planta originária da Amazônia, porém, muito pouco é conhecido sobre a fenologia e as relações com as variáveis agroclimáticas. Com a intensificação da implantação de novos cacauais nessa região, tornou-se indispensável a identificação de variáveis agroclimáticas que influenciam os processos fenológicos do cacauieiro. Este conhecimento poderá contribuir para o melhor manejo da cacauicultura amazônica.

Na Amazônia, a cultura do cacau vinha sendo explorada de maneira extrativista, passando a ser cultivada com base racional a partir de 1976, com o advento do plano "Diretrizes para a Expansão da Cacauicultura Nacional - PROCACAU", que contemplou a região Amazônica com 160.000 hectares de implantação de cacauieiros híbridos. Atualmente, encontram-se implantados na Amazônia em torno de 80 mil hectares de cacauieiros, com uma produção estimada em 26 mil toneladas por ano (23).

Os trabalhos efetuados na Amazônia têm sido basicamente descritivos, necessitando de estudos que considerem o efeito combinado das principais variáveis agroclimáticas sobre a ocorrência e a intensidade dos eventos fenológicos na cultura do cacau.

O presente trabalho pretendeu atingir os seguintes objetivos: a) apresentar e descrever as variações mensais das variáveis agroclimáticas, a temperatura do ar, a umidade relativa, a duração do brilho solar, a precipitação pluvial, a evapotranspiração potencial, a deficiência hídrica e o excedente hídrico no solo, em Belém, PA, durante o período de 1974/1983; b) descrever as variações mensais e anuais dos eventos fenológicos do cacaueiro (lançamento de folhas novas, queda de folhas, floração, incidência de pecos e produção de frutos maduros) e estabelecer possíveis associações entre esses eventos fenológicos e as variáveis agroclimáticas mencionadas no item anterior.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Origem, Classificação e Caracterização Botânica*

O cacauero é originário das regiões tropicais das ba cias dos rios Orenoco e Amazonas. Nativo das florestas equatoriais, constitui-se na maior reserva genética desta espécie, em disponibilidade na Amazônia brasileira (39).

O cacauero foi descrito pela primeira vez no século XVII, por Charles de L'Écluse, com o nome de *Cacao fructus*. Posteriormente, em 1737, Lineu classificou-o como *Theobroma fructus*, e em 1753, foi novamente modificado para *Theobroma cacao* (37).

O cacauero é planta da família Esterculiaceae. Segundo HARDY (26), o cacauero atinge altura de 4 a 8 m, apresentando tronco principal que cresce até, aproximadamente, aos 14 meses de idade. A partir dessa idade cessa o crescimento da gema terminal, emergindo três a cinco ramas primárias, que

dão origem às ramas secundárias. A folha apresenta a forma que vai de lanceolada a quase ovalada, apresentando pecíolo longo e com pulvino. As flores contêm cinco sépalas, cinco pétalas, cinco estaminóides, cinco estames e um pistilo, cujo ovário possui cinco lojas e o estilo encimado por cinco estigmas. As flores aparecem em diversos pontos do tronco e dos galhos do cacauero (22). HARDY (26) descreve o fruto como sendo uma drupa, de forma ovalada a esférica, com superfície lisa ou possuindo cinco a 10 sulcos. Os frutos jovens apresentam coloração verde ou avermelhada, amadurecendo depois de cinco a seis meses da fertilização da flor. No interior do fruto existem de 20 a 50 sementes. A raiz primária do cacauero pode atingir uma profundidade de até 2 m, se o solo for profundo e bem arejado. Esta raiz pivotante contém raízes secundárias, que possuem crescimento horizontal, podendo se estender até 5 a 6 m do tronco do cacauero (26).

2.2. *Clima e Solo*

O cacauero é uma cultura tropical por excelência. Seu cultivo comercial concentra-se entre as latitudes de 20°N e 20°S (21). Algumas plantações dessa cultura encontram-se fora dessa faixa de latitude, como é o caso de pequenas áreas cacaueras em Nueva Caledonia (Oceania) a 21°16'S e em São Paulo (Brasil) a 23°25'S (15, 21).

A cultura requer índice pluviométrico de 1.300 a 2.200 mm anuais, bem distribuídos, e temperatura média do ar oscilando em torno de 26°C (23).

O cacaeiro exige solos profundos, em torno de 1,5 m, bem drenados e com boa aeração, além da inexistência em seu perfil de camadas pedregosas e compactas. Deve apresentar textura que permita boa capacidade de retenção de água e apresentar níveis de média a alta fertilidade (37).

2.3. *Fenofases do Cacaeiro*

2.3.1. *Queda de Folhas e Lançamento de Folhas Novas*

Em plantas perenes de crescimento intermitente, como é o caso do cacaeiro, a queda de folhas geralmente segue o ritmo da renovação foliar, ocorrendo simultaneamente com o crescimento das folhas novas (6, 7, 18).

SALE (35) constatou que aumentos na temperatura do ar diurna e/ou noturna contribuem para acelerar a abscisão e a queda das folhas em cacaeiro.

KOZLOWSKI (28) refere-se à distribuição sazonal das chuvas como o principal parâmetro relacionado com a queda de folhas nos trópicos. Segundo BRAUDEAU (19), a queda de folhas do cacaeiro está estreitamente ligada à precipitação pluvial e à disponibilidade de água no solo. A maior incidência de folhas caídas ocorre nos períodos mais secos (13).

O lançamento de folhas novas tem sido associado a um mecanismo termoperiódico (7). Constatou-se que amplitude térmica superior a 9°C, durante período de duas semanas, contribuiu para aumento no lançamento de folhas novas (3). GREENWOOD

e POSNETTE (24) observaram que os lançamentos foliares de cacaueiros, em condições de campo, foram inibidos quando as temperaturas máximas diárias caíram a valores abaixo de 28°C.

O efeito do fotoperíodo no cacaueiro tem sido geralmente associado ao crescimento e à produção de folhas. Piringer e Downs, citados por ALVIM (6), observaram que a taxa de crescimento e a produção de folhas foi maior em dias com 12 a 16 horas de brilho solar, do que em dias que tiveram apenas oito horas. OWUSU *et alii* (33) também constataram maior pico de lançamento em cacaueiros, coincidindo com o maior pico de horas de brilho solar. BOYER (18) encontrou maior número de folhas novas lançadas quando a duração média do brilho solar variou entre quatro a seis horas por dia, tendo sido observado sua dependência com as condições de umidade do solo.

McDONALD (31) refere-se à ocorrência dos lançamentos foliares em cacaueiros como sendo provocados pela ocorrência de alternância entre período seco e período chuvoso. SALE (36) constatou que plantas de cacaueiros irrigadas continuamente não lançavam folhas novas ou o faziam com baixa frequência. Entretanto, quando as plantas foram submetidas a regime de seca, após aproximadamente 10 dias da aplicação da irrigação, apresentaram vigoroso brotamento. MACHADO e ALVIM (30) observaram que cacaueiros submetidos às condições de seca contínua não apresentaram lançamento de folhas novas. Todavia, observou-se que após uma semana da irrigação ocorreu grande aumento no lançamento foliar. VOGEL e MACHADO (43)

também evidenciaram a ocorrência de lançamento foliar em resposta ao estímulo provocado pela alternância entre períodos secos e períodos chuvosos.

Secas alternadas que ocorrem dentro do período úmido têm sido apontadas como o principal fator exógeno responsável pela produção de folhas novas do cacaueteiro (1, 8, 13, 15, 31, 36).

2.3.2. *Floração*

O cacaueteiro se comporta como planta de floração contínua em regiões que não apresentam diferenças sazonais de temperatura e de precipitação (8).

Vários autores têm constatado que a ocorrência de baixas temperaturas do ar reduzem a intensidade de floração (8, 10, 12). Atualmente, é aceito entre os pesquisadores que a competição interna entre frutos tem maior efeito na redução da floração do que a influência das baixas temperaturas do ar (15, 44).

A passagem brusca de período seco para outro úmido tem sido indicada como o estímulo externo da floração do cacaueteiro (8, 10, 12, 15). SALE (36) demonstrou, através de experimento com cacaueteiros cultivados em vasos, que a floração apresenta-se mais abundante quando o solo é suprido de água após período de estresse de umidade. SILVA *et alii* (40) também constataram a influência exercida por período de déficit de água no solo seguida de irrigação, na intensidade de floração.

Vários trabalhos evidenciam que a floração do cacaueteiro é inibida durante épocas de deficiência hídrica no solo, tornando-se intensificada após o reinício das chuvas (5, 9, 10, 14, 30, 36, 40).

2.3.3. *Produção de Frutos Maduros e Incidência de Pecos*

A influência da temperatura do ar sobre o desenvolvimento do fruto do cacaueteiro tem sido observada em lugares onde ocorrem diferenças sazonais da temperatura do ar (4).

Os frutos de cacauete que se desenvolvem nos meses mais quentes levam de 140 a 175 dias, desde a fecundação da flor até seu amadurecimento. Os frutos que se desenvolvem nos meses menos quentes necessitam de 167 a 205 dias para atingirem a maturação (15).

As chuvas controlam o ciclo de produção do cacaueteiro em regiões onde ocorre estação seca de aproximadamente quatro meses (4). Na Bahia, evidenciou-se que aumento (ou diminuição) na precipitação pluvial, dois meses antes do período de colheita do temporão, influencia negativamente (ou positivamente) a produção do temporão (46). Em Costa Rica, encontrou-se correlação positiva e significativa entre a produção e a precipitação pluvial de dois a cinco meses antes da colheita, indicando que uma pronunciada estação seca prejudica a formação de frutos novos, reduzindo o desenvolvimento de frutos em formação, principalmente, com dois ou três meses de idade (4).

A deficiência hídrica no solo é outra variável agroclimática que tem sido associada à fenofase do cacauzeiro. Seu principal efeito reflete-se no crescimento dos frutos e, conseqüentemente, no tamanho das sementes e na produtividade (4, 30). Tem sido observado que o déficit hídrico no solo reduz o número de frutos novos e acarreta aumento no índice de frutos (número de frutos necessários para obter 1 kg de amêndoas secas de cacau) (1, 38).

O peco do cacauzeiro é caracterizado pelo amarelecimento dos frutos jovens que murcham e adquirem coloração marrom (15, 25). Os frutos jovens tendem a perder a turgidez nos estágios progressivamente iniciais, com o progresso da estação de frutificação (27).

Dois tipos de pecos são geralmente identificados: o de origem externa ou biótica, causada por ataque de fungos ou insetos, e o de origem interna, ou fisiológica, resultante de distúrbios metabólicos da própria planta (11). Provavelmente, o peco fisiológico do cacauzeiro tem mecanismo semelhante ao da queda de frutos jovens de algumas árvores frutíferas, como a laranjeira, o abacateiro, a macieira, o coqueiro e outras (11). Observou-se que o pecamento dos frutos jovens de cacau geralmente ocorre depois do período de crescimento intensivo dos renovos foliares, indicando, com isso, que a força do dreno das folhas em crescimento é maior que a força do dreno dos frutos jovens (2, 15). Também está comprovado experimentalmente que a incidência de peco sempre aumenta quando ocorrem condições desfavoráveis para a realização da fotossíntese (16).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido no Campo Experimental da CEPLAC, em Belém, PA, a 1°28'S, 48°27'0 e 12,8 m de altitude. O experimento foi instalado em Latossolo Amarelo, profundo e bem drenado.

Os dados meteorológicos diários de temperatura média, máxima e mínima do ar, umidade relativa, duração do brilho solar e precipitação pluvial foram obtidos na Estação Agrometeorológica da EMBRAPA, em Belém, PA, localizada aproximadamente a 1 km do local do experimento.

A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de LINACRE (29), já testado por OLIVEIRA *et alii* (32), para Belém, PA, conforme a equação 1:

$$E = \frac{k \cdot tm / (100 - A) + 15(\bar{T} - Td)}{80 - \bar{T}}, \quad \text{eq. 1}$$

em que:

$K = 500;$

$t_m = \bar{T} + 0,006 \cdot h;$

\bar{T} = temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$);

h = altitude da estação meteorológica (m);

A = latitude e

T_d = temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$).

As variáveis deficiência hídrica e excedente hídrico foram obtidas através do balanço hídrico do solo, adotando-se o procedimento proposto por THORNTHWAITE e MATHER (41). A capacidade de água disponível no solo foi de 125 mm, segundo TUBELIS (42).

O material genético utilizado constituiu de mistura de híbridos, plantados no ano de 1968, com espaçamento de 3x3m, ocupando área de 0,5 ha.

Foram analisados os seguintes eventos fenológicos do cacauzeiro, baseados na coleta semanal dos dados, durante o período de 1974 a 1983: lançamento de folhas novas, queda de folhas, floração, produção de frutos maduros e incidência de pecos.

3.1. *Lançamento de Folhas Novas*

As observações referentes ao lançamento de folhas novas foram efetuadas semanalmente em 10 cacauzeiros, anotando-se os últimos lançamentos das extremidades dos ramos. Em cada cacauzeiro procedeu-se a identificação de 10 ramos (Figura 1), distribuídas da seguinte forma: três ramos na parte

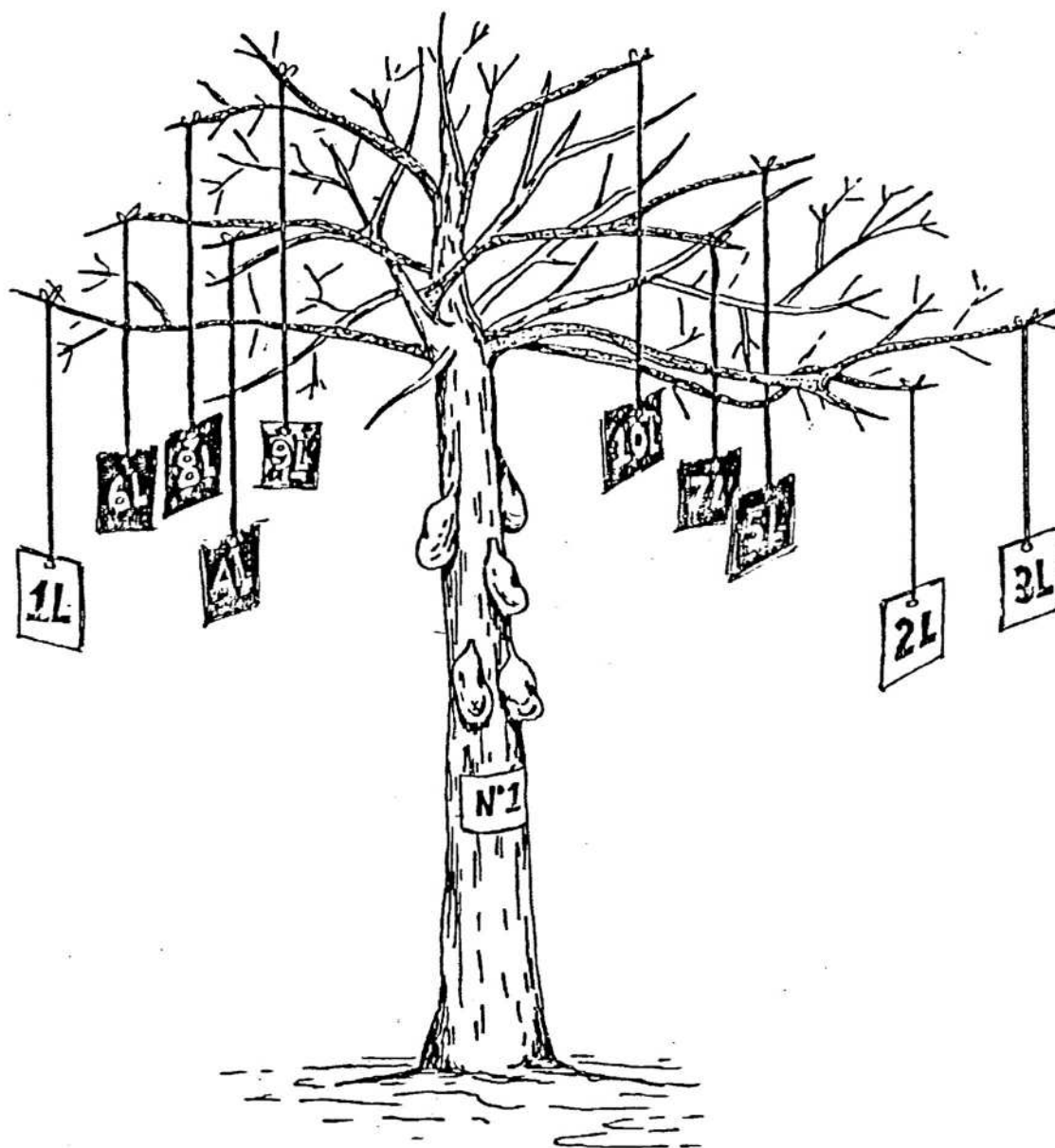


FIGURA 1 - Representação Esquemática da Distribuição das Ramas dos Cacauzeiros Utilizados na Avaliação do Lançamento de Folhas Novas. As Ramas da Parte Inferior Estão Identificadas como 1L, 2L e 3L; as Ramas da Parte Mediana Correspondem a 4L, 5L, 6L e 7L; as Ramas da Parte Superior da Copa do Cacauzeiro Referem-se a 8L, 9L e 10L.

inferior, quatro ramas na parte mediana e três ramas na parte superior da copa dos cacaveiros. Estes dados foram tabulados em termos do número médio de folhas novas lançadas em 10 ramas por semana.

3.2. *Queda de Folhas*

Estas observações foram efetuadas semanalmente através da coleta e da contagem das folhas caídas em 10 caixas de madeira, de um metro quadrado (Figura 2), com fundo em tela de nylon, colocadas entre quatro cacaveiros. Estes dados foram expressos em termos do número de folhas caídas por metro quadrado, por semana.

3.3. *Floração*

Os dados fenológicos de floração foram obtidos através da coleta e da contagem dos botões e das flores caídas em 10 redes coletoras, de nylon, do tipo guarda-chuva invertido. Estas redes, com área de 4 m^2 , foram colocadas ao redor do caule de 10 cacaveiros (Figura 3). As contagens foram efetuadas duas vezes por semana. A codificação destes dados foi efetuada em termos do número de flores caídas por metro quadrado, por semana.

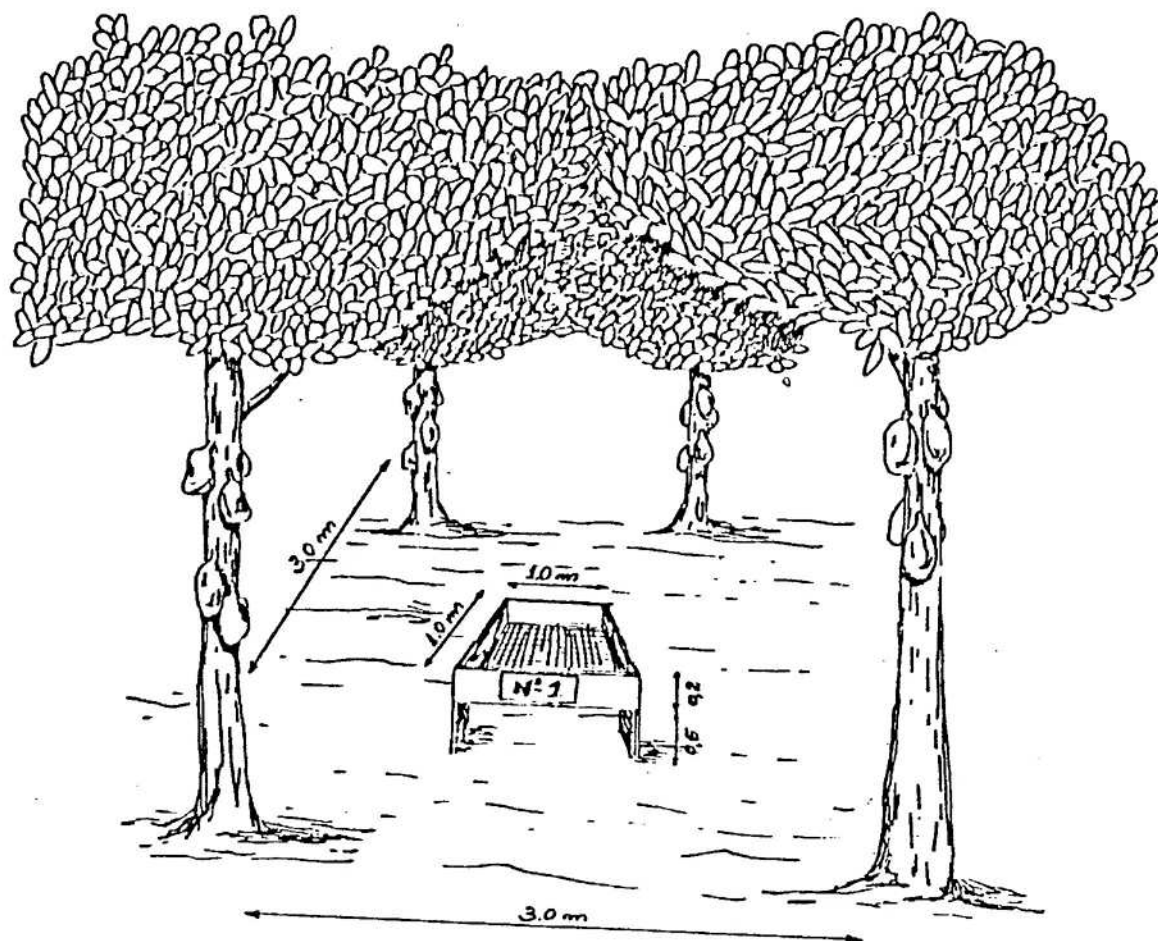


FIGURA 2 - Representação Esquemática da Caixa Coletora de Folhas Caídas, Utilizada na Avaliação da Queda de Folhas.

3.4. *Produção de Frutos Maduros e Incidência de Pecos*

Os dados referentes à produção de frutos maduros e a incidência de pecos foram obtidos em 20 cacaueiros, através da coleta e da contagem semanal dos frutos maduros e dos frutos pecos. Estes dados foram expressos em termos do número de frutos maduros e dos frutos pecos por cacaueiro, por semana.

3.5. *Análise Estatística*

Neste trabalho foi dada grande ênfase à análise exploratória dos dados que consistiu na obtenção de gráficos e resumos estatísticos dos dados agroclimáticos e fenológicos expressos numa base semanal, mensal e anual, destacando-se os valores médios, extremos, desvio-padrão, coeficiente de variação e intervalo de confiança. O estabelecimento das associações entre as variáveis agroclimáticas e os eventos fenológicos do cacaueiro foi baseado em análise de correlação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. *Variáveis Agroclimáticas*

A descrição das variáveis agroclimáticas para Belém, PA, utilizadas neste trabalho, durante o período de 1974/1983, foi baseada nos valores médios apresentados no Quadro 1, juntamente com as figuras referentes à temperatura média do ar e à amplitude térmica, umidade relativa do ar, duração do brilho solar, precipitação pluvial, evapotranspiração potencial, deficiência hídrica no solo e excedente hídrico.

4.1.1. *Temperatura do Ar*

A Figura 4 apresenta a temperatura média do ar e a amplitude térmica para Belém, PA, no período de 1974/1983. A curva da temperatura do ar apresenta configuração típica para a região, com dois máximos e dois mínimos bem definidos.

QUADRO 1 - Valores Médios das Variáveis Agroclimáticas em Belém, PA, 1974/1983, Latitude: 1°28'S, Longitude: 48°27'W, Altitude: 12,8 m

Mês	Temperatura do Ar (°C)				Umidade Relativa Média (%)	Duração Média do Brilho Solar (Horas e Décimos)	Precipitação Pluvial (mm)			Evapotranspiração Potencial (mm)	Deficiência Hídrica no Solo (mm)	Excedente Hídrico (mm)
	Média	Máx.	Mín.	Amplitude Térmica Diária			Média	Máx.	Mín.			
Jan.	26,0	27,2	25,2	8,1	87	141,9	381	532	207	96	0	285
Fev.	25,7	26,5	25,0	7,7	89	107,1	417	652	302	84	0	333
Mar.	26,0	26,7	25,0	7,7	88	124,2	422	605	243	94	0	328
Abr.	26,3	27,2	25,4	7,9	88	147,2	378	551	225	93	0	285
Mai	26,5	27,3	25,5	8,6	85	202,6	281	396	196	99	0	182
Jun.	26,4	26,9	25,7	8,9	82	235,9	174	370	83	101	0	73
Jul.	26,1	26,4	25,8	9,3	81	260,6	169	239	89	104	0	65
Ago.	26,4	26,8	26,0	9,6	81	265,8	142	238	46	106	0	36
Set.	26,5	26,8	26,1	9,7	81	236,2	136	227	78	103	0	33
Out.	26,8	27,0	26,5	9,8	79	240,0	123	304	14	112	0	11
Nov.	27,0	27,4	26,4	10,0	78	220,4	89	179	16	113	24	0
Dez.	26,6	27,2	25,0	9,2	83	184,6	210	315	130	107	0	103
Ano	26,4	27,0	25,6	8,9	84	2.366,5	2.922	4.608	1.629	1.212	24	1.734

FONTE: EMBRAPA/CPATU.

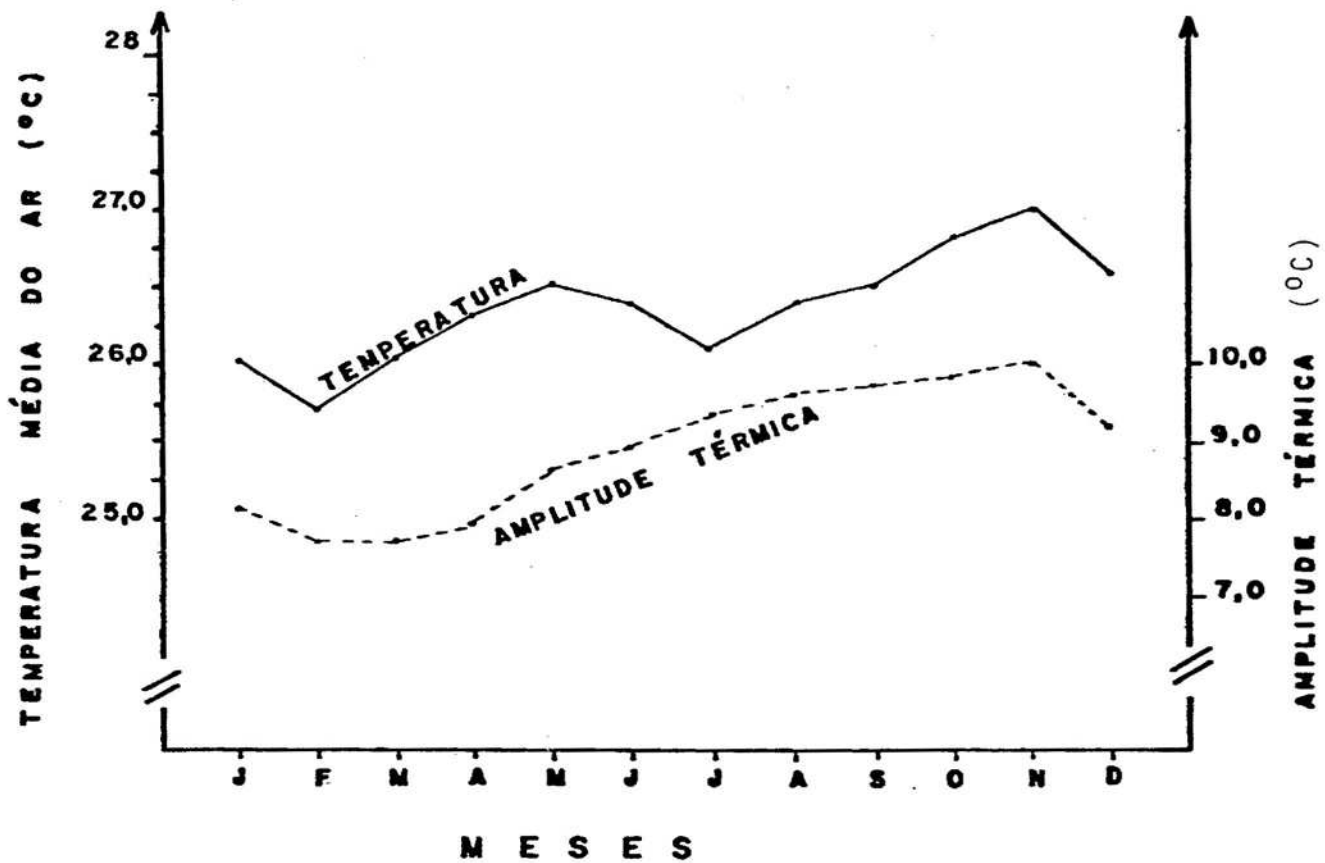


FIGURA 4 - Temperatura Média do Ar e Amplitude Térmica para Belém, PA, no Período de 1974/1983.

Segundo RATISBONA (34), esta configuração equatorial é grandemente afetada pela nebulosidade. O valor menor da temperatura mensal média do ar ocorreu em fevereiro, $25,7^{\circ}\text{C}$, coincidindo com a época em que a nebulosidade atingiu valor máximo, com o aparecimento da convergência tropical. A mais elevada temperatura mensal média do ar ocorreu em novembro, $27,0^{\circ}\text{C}$, correspondendo ao mês de mais baixa precipitação pluvial e nebulosidade e relativamente elevada horas de brilho solar.

A curva da variação anual da amplitude térmica contrasta com a temperatura do ar por apresentar apenas uma oscilação. A menor amplitude térmica mensal ocorreu em fevereiro, $7,7^{\circ}\text{C}$, correspondendo ao mês de grande ocorrência de nebulosidade e pequena duração do brilho solar. A amplitude térmica máxima ocorreu em novembro, $10,0^{\circ}\text{C}$, coincidindo com o mês de mais baixa precipitação e relativamente elevada duração do brilho solar. A amplitude térmica média anual observada foi de $8,9^{\circ}\text{C}$. Segundo Angot, citado por RATISBONA (34), um clima com amplitude térmica anual média menor que $10,0^{\circ}\text{C}$ deveria ser considerado marítimo. Esta conclusão é válida para Belém, PA, devido ao efeito combinado da Bacia Amazônica e do Oceano Atlântico.

4.1.2. *Umidade Relativa*

A Figura 5 apresenta a umidade relativa do ar para Belém, PA, no período de 1974/1983. A umidade relativa média anual foi de 84%, com 10 meses apresentando valores médios

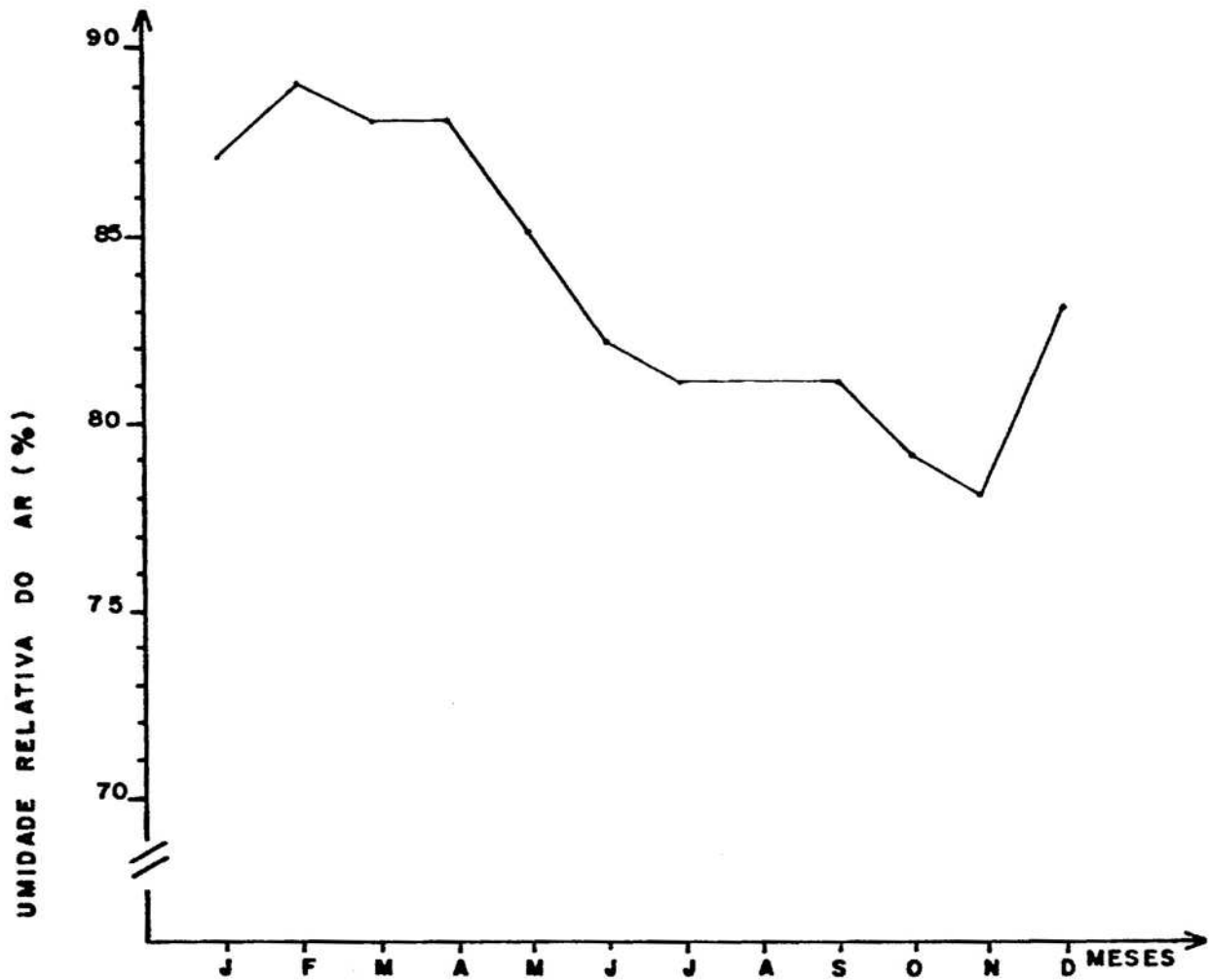


FIGURA 5 - Umidade Relativa do Ar para Belém, PA, no Período de 1974/1983.

acima de 80%. Estes elevados valores de umidade relativa para Belém, PA, deve-se principalmente a sua proximidade de grandes fontes de umidade como a Bacia Amazônica e o Oceano Atlântico.

A umidade relativa apresentou variação de 11% durante o ano. Em fevereiro, um dos meses de maior precipitação pluviométrica, a umidade relativa média foi máxima, 89%, enquanto em novembro, o mês mais seco, a umidade relativa média caiu para 78%, o menor valor médio mensal. A distribuição mensal da umidade relativa do ar em Belém, PA, acompanha a oscilação das precipitações, sendo evidente também a sua dependência da temperatura do ar.

4.1.3. *Duração Mensal do Brilho Solar*

A Figura 6 apresenta a duração mensal do brilho solar para Belém, PA. O número de horas de brilho solar médio diário, no período de 1974/1983, variou de 8,6 horas em agosto a 3,8 horas em fevereiro. Segundo RÁTISBONA (34), a principal causa dessa variação é a cobertura de nuvens. Belém, PA, apresenta maior nebulosidade em fevereiro e menor nebulosidade em agosto.

Observou-se menor duração do brilho solar em fevereiro, 107,1 horas, e maior duração do brilho solar em agosto, 265,8 horas. Durante o período considerado, o total médio de horas do brilho solar foi de 2.366,5 horas.

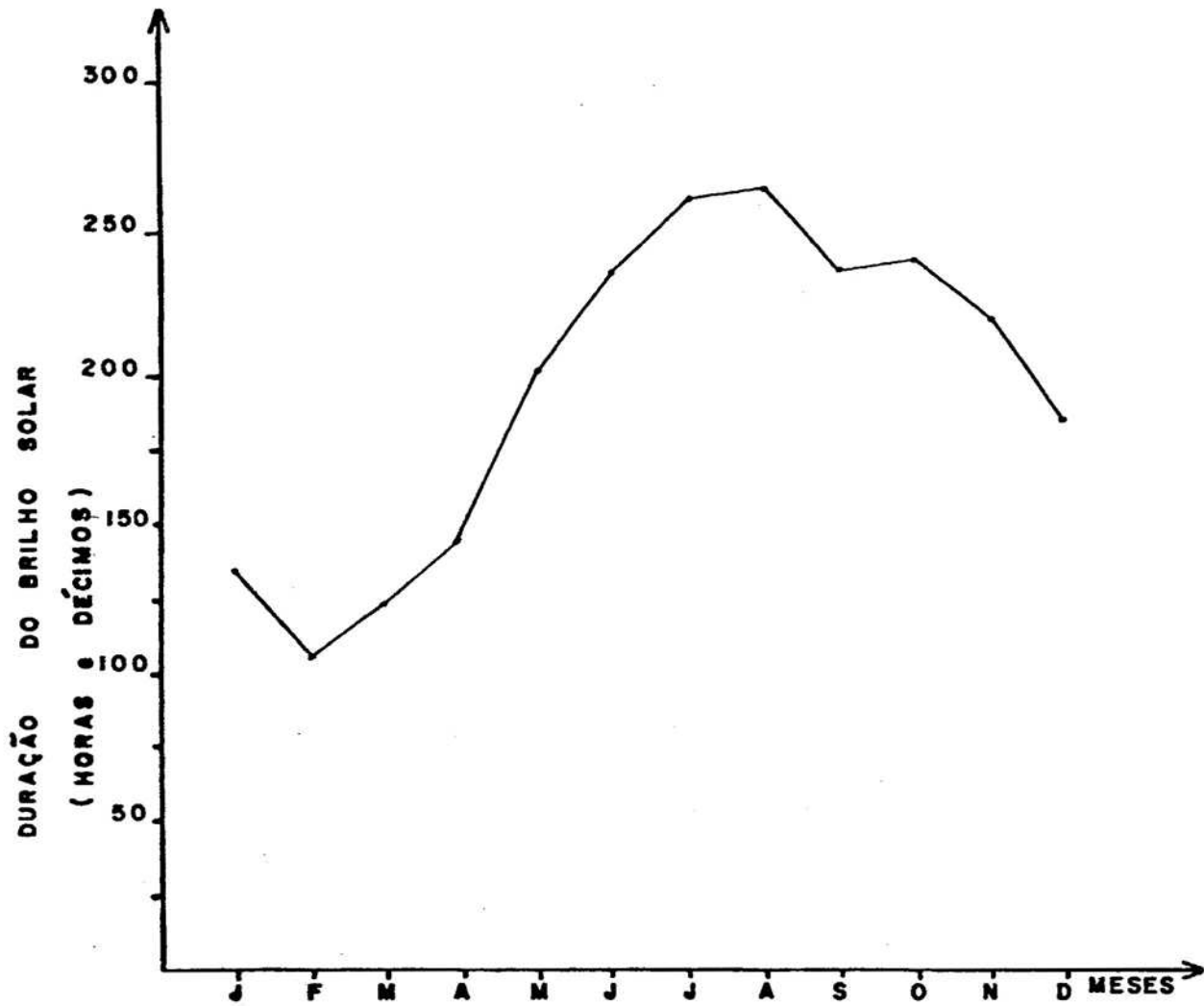


FIGURA 6- Duração do Brilho Solar para Belém, PA, no Período de 1974/1983.

4.1.4. *Precipitação Pluvial*

A Figura 7 apresenta a precipitação pluvial para Belém, PA, no período de 1974/1983. Observou-se variação de precipitação bem definida com máximo ocorrendo nos meses de fevereiro, 417 mm, e março, 422 mm, e mínimo no mês de novembro, 89 mm. Essa distribuição de precipitação é típica de regime equatorial marítimo, relacionado com o movimento da convergência equatorial.

A precipitação média anual foi de 2.922 mm, tendo sido observada variação de 2.153 a 3.375 mm entre os anos do período em estudo.

4.1.5. *Evapotranspiração Potencial*

A Figura 8 apresenta a evapotranspiração potencial para Belém, PA, no período de 1974/1983. Como a evapotranspiração potencial, ETP, foi estimada usando o método de LINACRE, que se baseia, principalmente, na temperatura do ar, a variação da ETP segue aproximadamente a variação da temperatura média do ar.

A evapotranspiração potencial total média anual foi de 1.212 mm. O valor mínimo foi observado no mês de fevereiro, 84 mm, correspondendo ao mês de menor temperatura média do ar. O valor máximo, 113 mm, foi observado em novembro, coincidindo com o mês de maior temperatura média do ar.

Comparando a precipitação pluvial com a evapotranspiração potencial, observou-se que estas variáveis apresentam

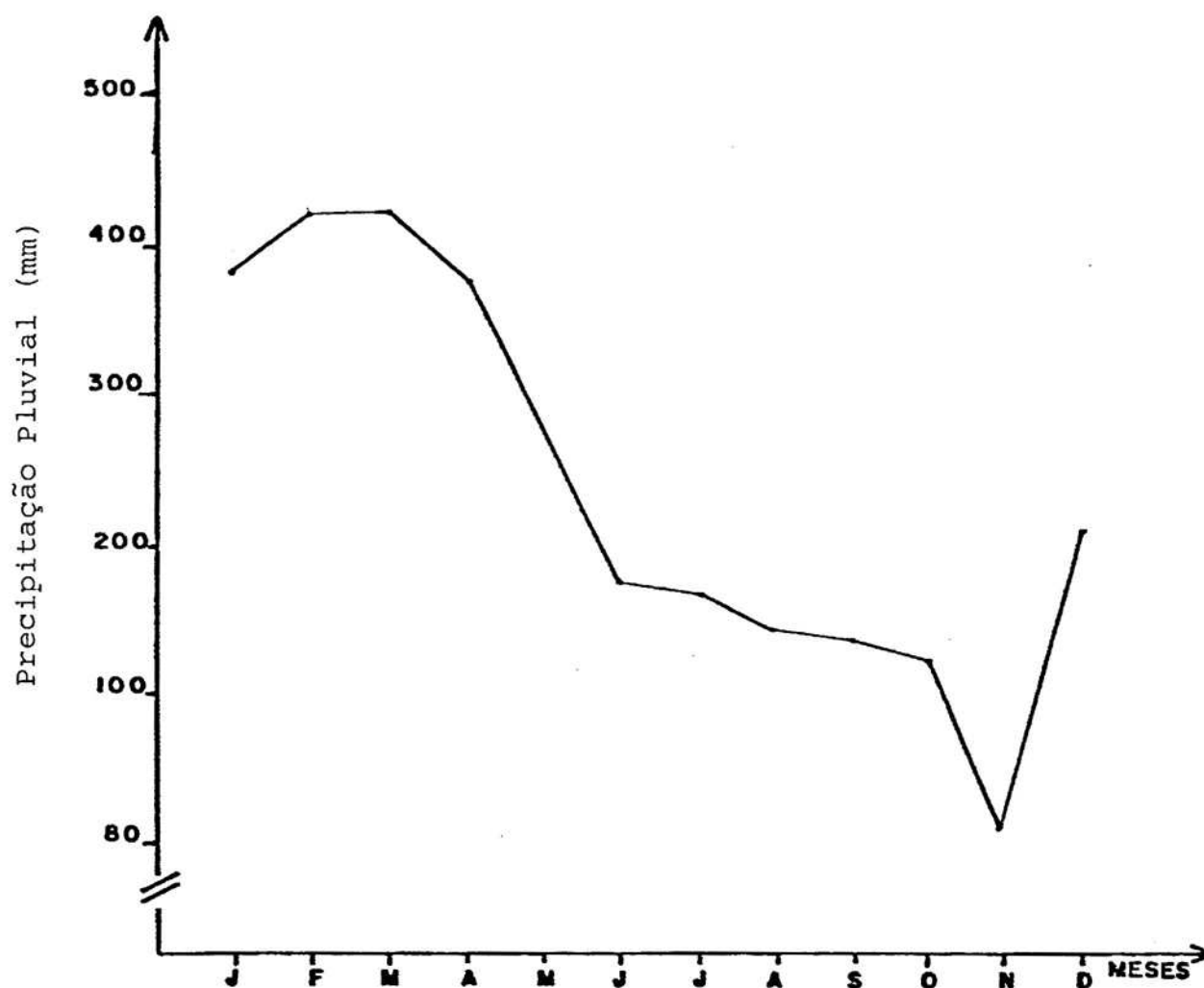


FIGURA 7 - Precipitação Pluvial para Belém, PA, no Período de 1974/1983.

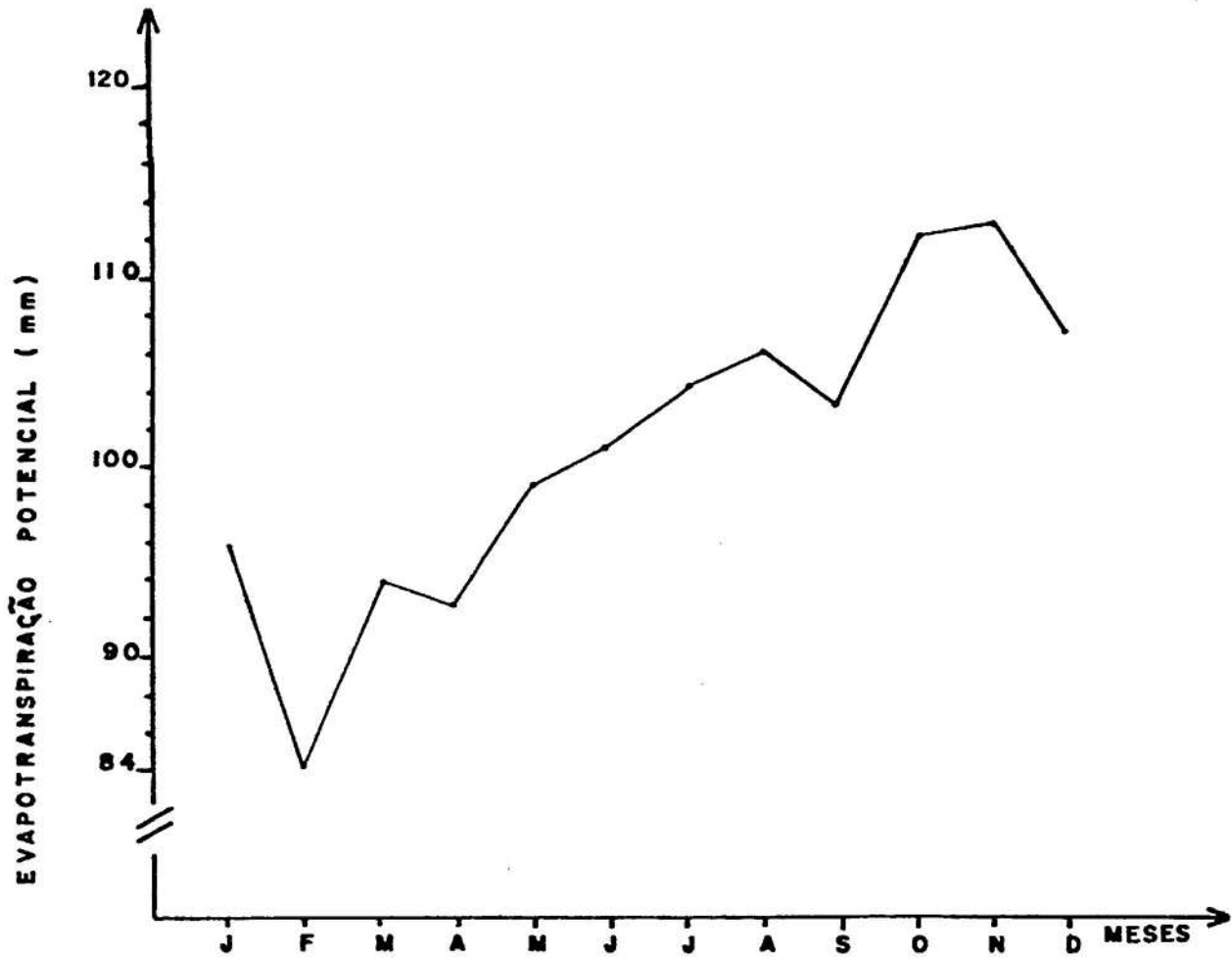


FIGURA 8 - Evapotranspiração Potencial para Belém, PA, no Período de 1974/1983.

variações não superpostas. O mês de maior demanda de água, em termos de evapotranspiração potencial, foi novembro, correspondendo ao mês de menor precipitação média. A maior disponibilidade de água, em termos de precipitação, ocorreu em fevereiro, correspondendo ao mês de menor ETP mensal. Cerca de 70% da precipitação anual concentrou-se nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio, enquanto que a ETP, para o mesmo período, correspondeu a 47% da ETP total anual.

4.1.6. *Deficiência Hídrica e Excedente Hídrico no Solo*

A Figura 9 apresenta a deficiência hídrica no solo e o excedente hídrico para Belém, PA, no período de 1974/1983. Observou-se que a evapotranspiração potencial superou a precipitação, em termos médios, apenas no mês de novembro. O déficit hídrico total médio anual foi de 24 mm.

Observou-se que o excedente hídrico praticamente ocorreu em todos os meses, apresentando valor máximo em fevereiro, 333 mm, coincidindo com o mês de maior precipitação. Novembro foi o único mês que não ocorreu excedente hídrico.

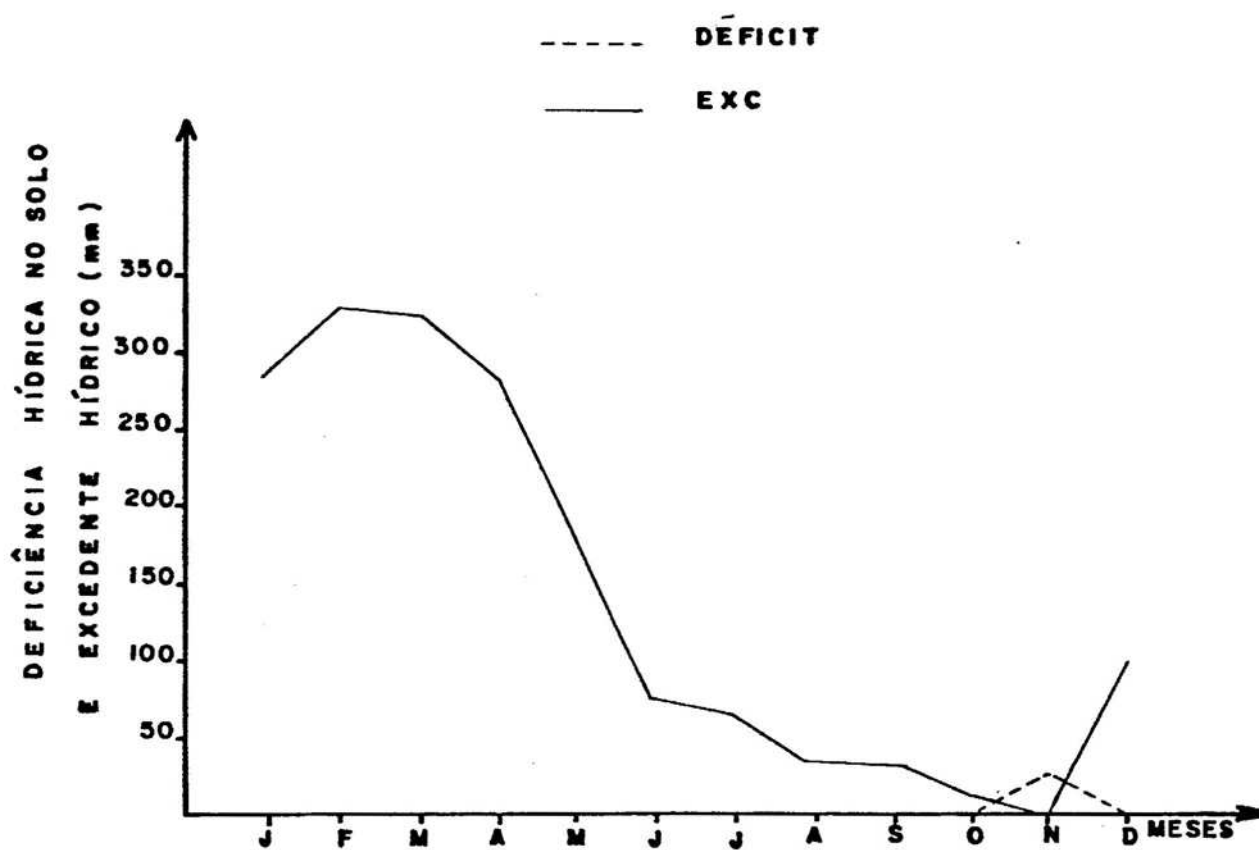


FIGURA 9 - Deficiência Hídrica no Solo (DÉFICIT) e Excedente Hídrico (EXC) para Belém, PA, no Período de 1974/1983.

4.2. *Relação entre Eventos Fenológicos do Cacaueiro e Variáveis Agroclimáticas*

4.2.1. *Lançamento de Folhas Novas*

A Figura 10 mostra a média mensal do número de lançamentos de folhas novas em 10 ramas de cacaueiro, baseado no período de 1974/1983. Um resumo estatístico dos dados utilizados nesta figura encontra-se no Quadro 2. Os dados ilustrados na Figura 10 e no Quadro 2 indicam que o lançamento de folhas novas no cacaueiro, em Belém, PA, manifesta-se em todos os meses do ano. Apesar do mês de maio ter apresentado a maior média mensal (16 folhas lançadas em 10 ramas), durante o período considerado, grandes ocorrências de lançamento de folhas novas também foram observadas nos meses de julho, setembro e dezembro; nestes quatro meses se concentram 46,4% do total de lançamentos anuais, seus desvios-padrão são os mais elevados e os intervalos de confiança têm probabilidade superior a 95% de conter a média da variável. A menor média mensal de lançamento de folhas novas foi observada em fevereiro, com três lançamentos em 10 ramas. Verificou-se média mensal de nove lançamentos de folhas novas por 10 ramas, durante o período estudado.

A Figura 11 mostra a variação anual do número de folhas novas em 10 ramas de cacaueiro, durante o período de 1974/1983. A média anual de folhas novas em 10 ramas de cacaueiro observada, durante o período estudado, foi de 112

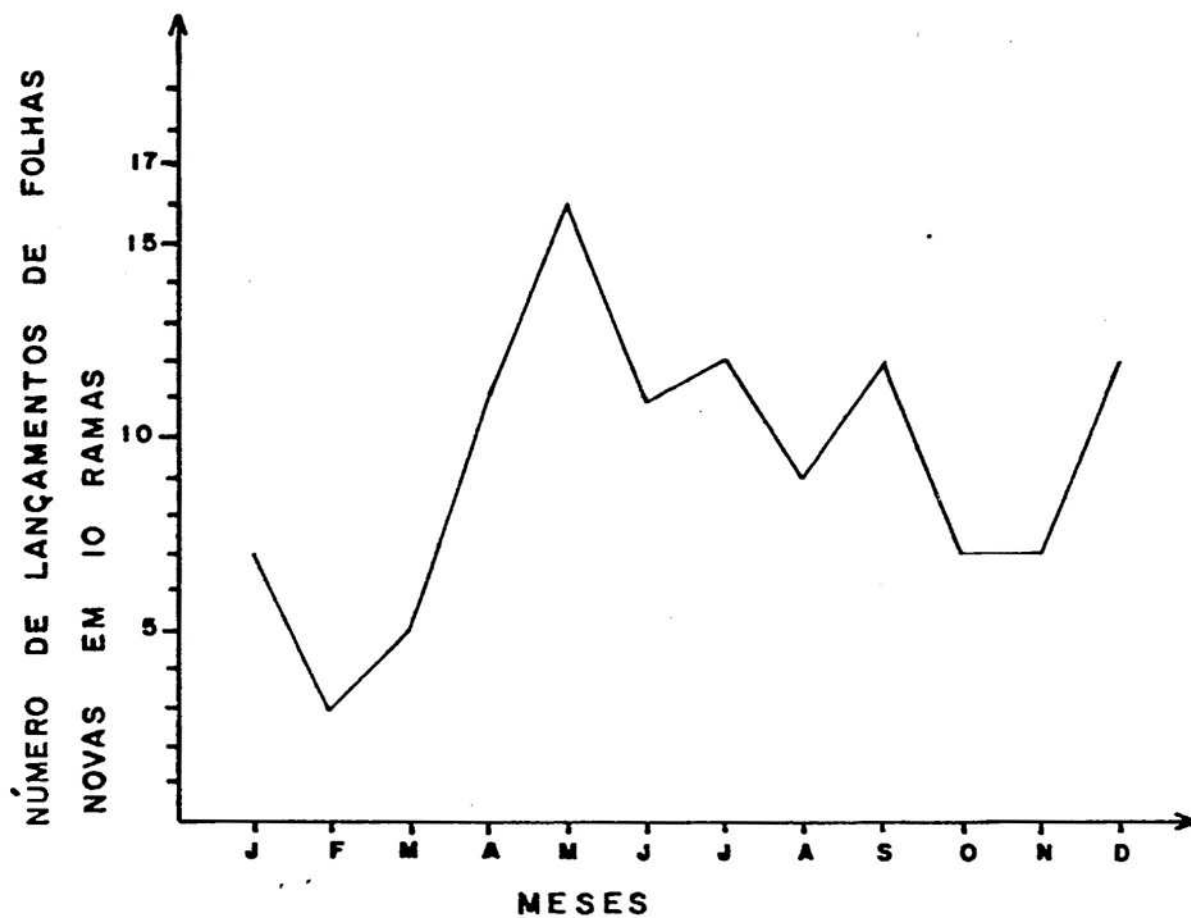


FIGURA 10 - Média Mensal do Lançamento de Folhas Novas do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983.

QUADRO 2 - Média e Variação Mensais do Lançamento de Folhas Novas do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983

Mês	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-Padrão	% do Total Anual	Intervalo de Confiança da Média (95%)	Coefficiente de Variação (%)
Jan.	18	1	7	5,6	6,3	3,2 a 11,4	80
Fev.	9	0	3	3,2	2,6	0,3 a 5,0	107
Mar.	12	0	5	3,5	4,5	2,4 a 7,7	70
Abr.	26	4	11	6,7	9,8	6,5 a 16,3	61
Mai	44	3	16	14,2	14,3	5,6 a 26,5	89
Jun.	20	0	11	6,6	9,8	6,3 a 16,0	60
Jul.	41	1	12	11,8	10,7	3,5 a 20,9	98
Ago.	14	3	9	4,0	8,0	6,0 a 11,9	44
Set.	37	0	12	11,8	10,7	3,3 a 19,8	92
Out.	18	0	7	5,1	6,3	3,2 a 10,3	73
Nov.	33	0	7	10,0	6,3	-0,3 a 13,5	143
Dez.	32	0	12	11,7	10,7	4,1 a 20,4	98

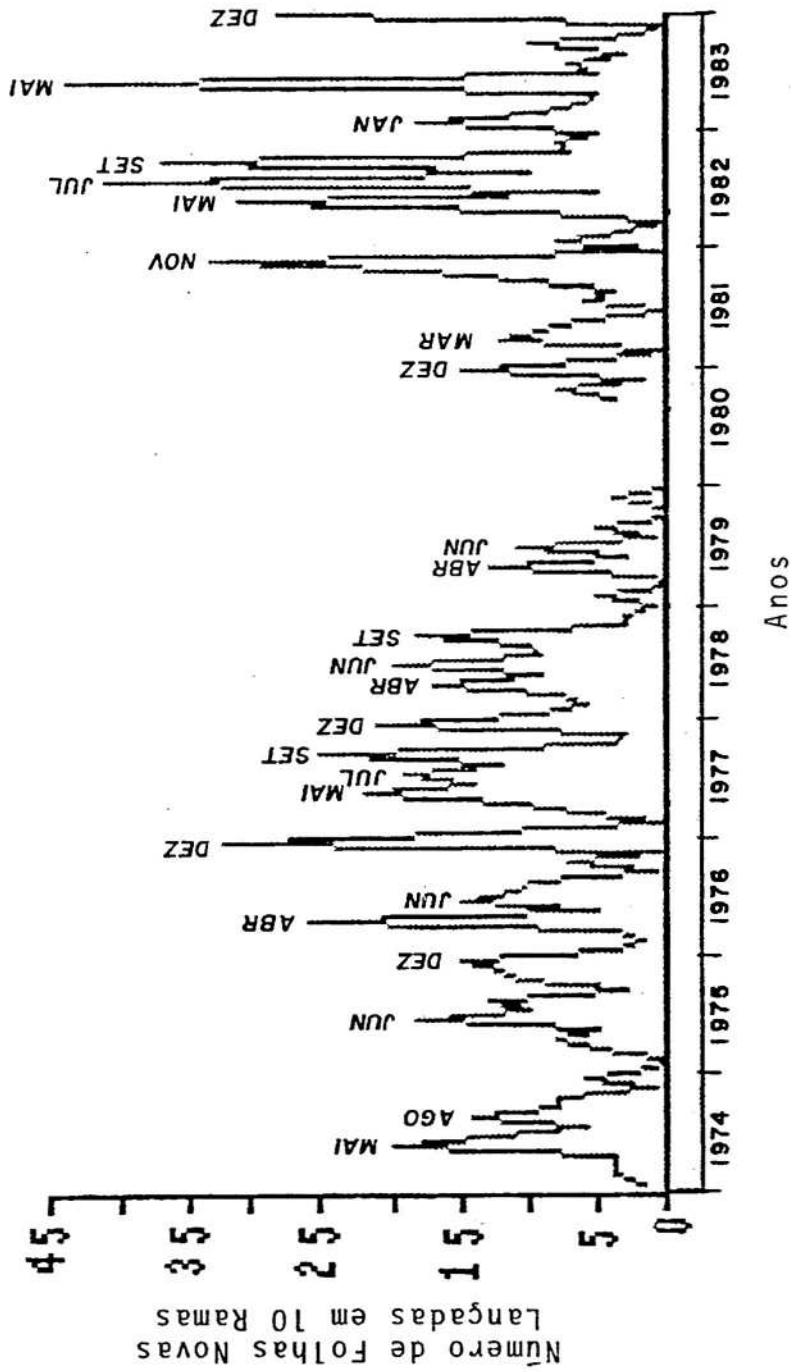


FIGURA 11 - Variação Anual do Lançamento de Folhas Novas do Caucheiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983.

lançamentos. Os anos de 1977 e 1982 apresentaram os maiores valores de lançamento de folhas novas com 151 e 165 lançamentos, respectivamente. O ano de menor ocorrência de folhas novas foi 1979, com 43 lançamentos. Estas análises não identificaram nenhum parâmetro agroclimático específico que isoladamente explicasse as variações mensais e anuais do lançamento de folhas novas de cacaueteiro.

4.2.2. *Queda de Folhas*

A Figura 12 mostra a média mensal do número de folhas caídas por metro quadrado, durante o período de 1974/1983. Um resumo estatístico dos dados referentes a esta fenofase é apresentado no Quadro 3. Conforme pode-se observar na Figura 12 e no Quadro 3, a queda de folhas no cacaueteiro caracteriza-se por pequena variação mensal, exceto para os meses de novembro e dezembro que apresentaram os maiores valores médios, onde seus intervalos de confiança têm probabilidade superior a 95% de conter a média da variável.

A média mensal de queda de folhas por metro quadrado, no período estudado, foi de 40, com a maior ocorrência em novembro (62 folhas caídas por metro quadrado) e a menor em fevereiro (24 folhas caídas por metro quadrado).

Através da análise de correlação, procedeu-se a seleção entre os valores médios mensais de folhas caídas por metro quadrado e os valores médios mensais das diversas variáveis agroclimáticas mencionadas no Quadro 1. As variáveis

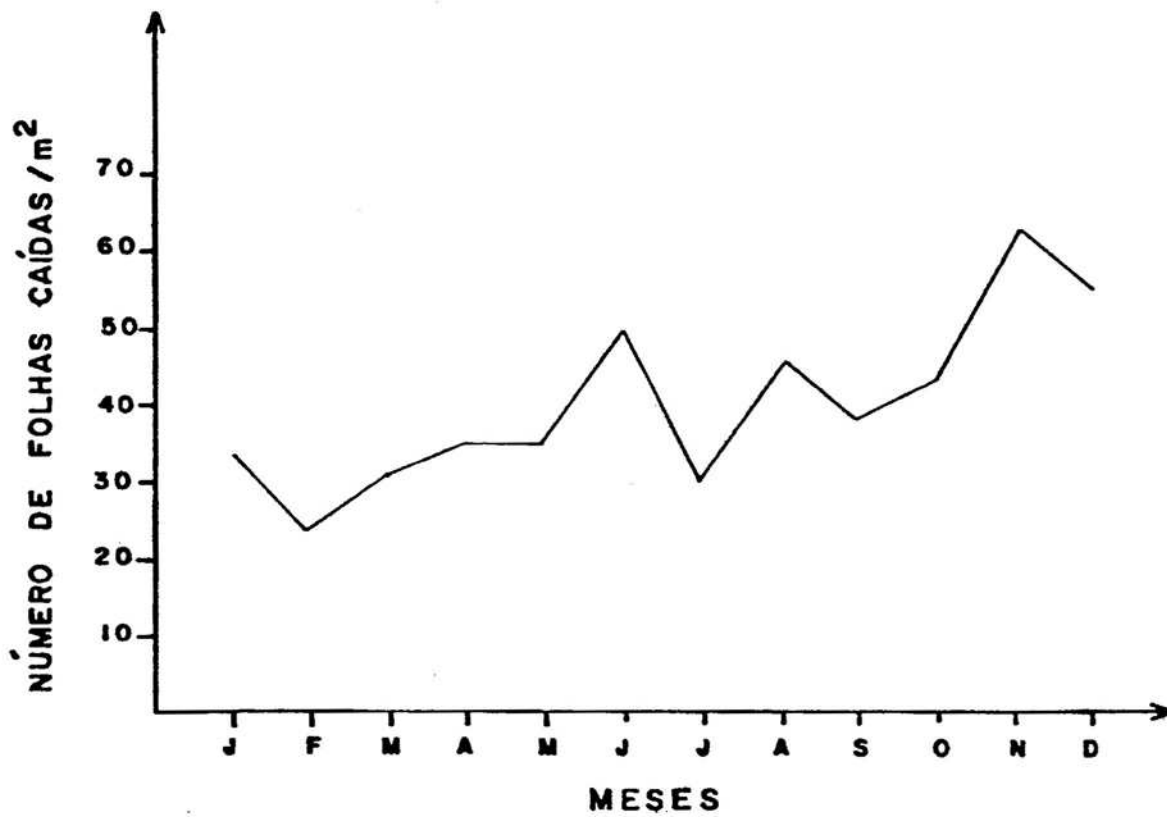


FIGURA 12 - Média Mensal da Queda de Folhas do Cacau eiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983.

QUADRO 3 - Média e Variação Mensais da Queda de Folhas do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983

Mês	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-Padrão	% do Total Anual	Intervalo de Confiança da Média (95%)	Coefficiente de Variação (%)
Jan.	70	5	33	22,4	6,9	17,1 a 49,2	67
Fev.	58	5	24	15,5	5,0	13,0 a 35,2	64
Mar.	51	8	31	15,2	6,4	19,5 a 41,3	50
Abr.	75	14	35	18,3	7,3	21,6 a 47,9	53
Mai	53	21	35	11,5	7,3	27,1 a 43,5	33
Jun.	114	24	49	30,3	10,2	26,8 a 70,3	62
Jul.	78	17	30	18,6	6,3	16,9 a 43,6	61
Ago.	118	15	45	31,3	9,4	22,1 a 66,9	70
Set.	84	14	38	28,5	7,9	17,5 a 58,3	75
Out.	103	5	43	28,6	8,9	22,0 a 62,9	67
Nov.	125	22	62	29,9	12,9	40,1 a 83,1	48
Dez.	112	22	55	30,8	11,5	32,6 a 76,7	56

agroclimáticas que apresentaram maior correlação com a queda de folhas foram temperatura média do ar ($r = 0,8444$), evapotranspiração potencial ($r = 0,7787$), precipitação pluvial ($r = -0,6945$), umidade relativa do ar ($r = -0,6937$), excedente hídrico ($r = -0,6847$) e deficiência hídrica no solo ($r = 0,6222$). O mês de maior ocorrência de folhas caídas coincidiu com o mês da mais elevada temperatura média do ar, $27,0^{\circ}\text{C}$, maior evapotranspiração potencial, 113 mm, menor precipitação pluvial, 89 mm, menor umidade relativa do ar, 78%, e com o único mês de deficiência hídrica no solo, 24 mm. Por outro lado, observou-se o menor número de folhas caídas em fevereiro, coincidindo com o mês de menor temperatura média do ar, $25,7^{\circ}\text{C}$, menor evapotranspiração potencial, 84 mm, elevada precipitação pluvial, 417 mm, mais elevada umidade relativa mensal, 89%, e com o mês de maior excedente hídrico, 333 mm.

A Figura 13 apresenta a variação anual do número de folhas caídas por metro quadrado, durante o período de 1974/1983. Os meses que apresentaram maior número de quedas de folhas estão destacados nesta figura. Observou-se valor médio anual de 480 folhas por metro quadrado. A maior ocorrência de queda de folhas foi observada em 1975, com 979 folhas por metro quadrado. A menor ocorrência de queda de folhas verificou-se em 1982, com 227 folhas por metro quadrado. Essas análises não identificaram nenhum parâmetro agroclimático que explicasse as variações interanuais de queda de folhas do cacaueiro.

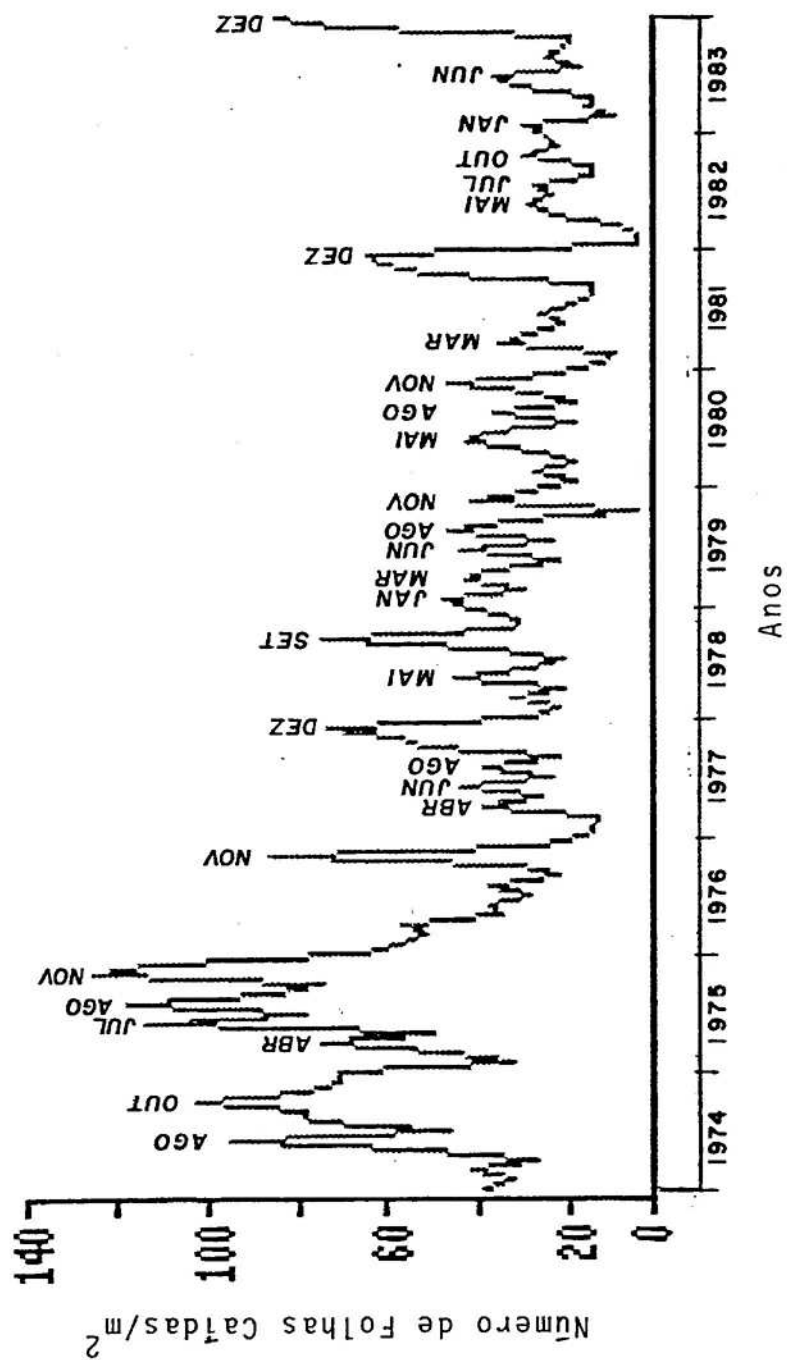


FIGURA 13 - Variação Anual da Queda de Folhas do Cacaueiro em Belém, PA, no período de 1974/1983.

4.2.3. *Floração*

A Figura 14 mostra a média mensal da floração do caueiro, expressa em termos do número de flores caídas por metro quadrado. O resumo estatístico referente a estas observações encontra-se no Quadro 4. Os resultados apresentados na Figura 14 e no Quadro 4 ilustram uma variação sazonal bem definida na intensidade de floração, em Belém, PA. Os meses de floração intensiva, caracterizados por percentagem do total anual acima de 10%, ocorreram no período de agosto a janeiro. Este período contribuiu com cerca de 80% do total anual de floração. Nestes seis meses os valores do desvio-padrão são os mais elevados, entretanto, os respectivos coeficientes de variação apresentam-se mais baixos nos meses de novembro, dezembro e janeiro, demonstrando, assim, menor dispersão dos dados nestes três meses e o intervalo de confiança tem probabilidade superior a 95% de conter a média da variável. Percebe-se que os altos valores médios de floração, encontrados nos meses de agosto, setembro e outubro, foram em decorrência da elevada floração ocorrida no ano de 1974 (Figura 16). O período de baixa intensidade de floração, com proporções mensais em relação ao total anual inferior a 6%, compreendeu os meses de fevereiro a julho. Os meses de abril e maio foram os que apresentaram menor intensidade de floração, com médias mensais de 37 flores caídas por metro quadrado. O mês de setembro foi o que apresentou o maior valor médio mensal, com 325 flores caídas por metro quadrado,

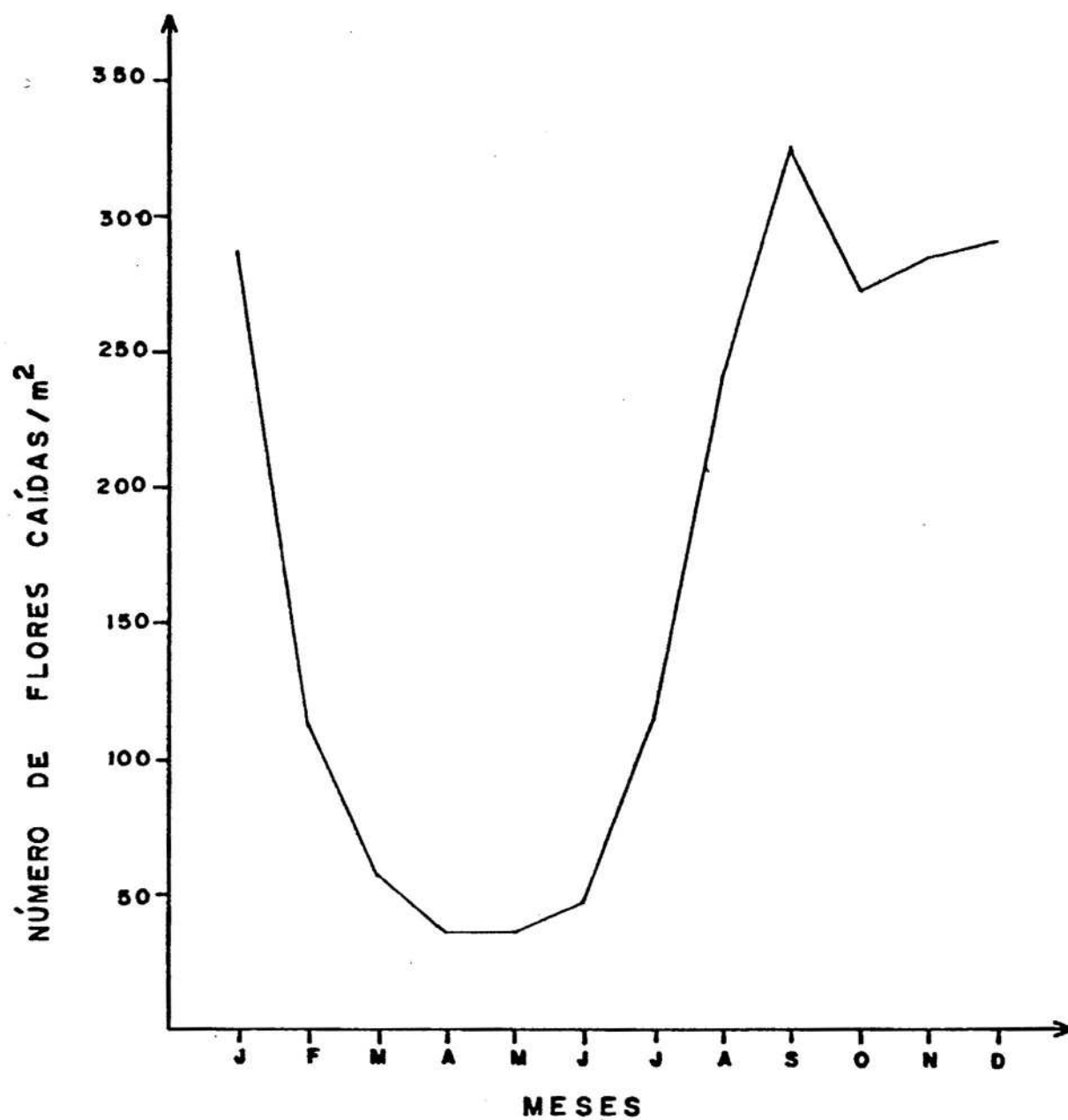


FIGURA 14 - Média Mensal da Floração do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983.

QUADRO 4 - Média e Variação Mensais da Floração do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983

Mês	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-Padrão	% do Total Anual	Intervalo de Confiança da Média (95%)	Coefficiente de Variação (%)
Jan.	518	35	289	159,0	13,7	175,0 a 402,6	55
Fev.	268	11	113	87,6	5,3	50,0 a 175,4	78
Mar.	151	0	58	48,7	2,7	23,5 a 93,2	83
Abr.	71	0	37	24,8	1,8	19,2 a 54,7	67
Mai	163	0	37	38,7	1,8	9,0 a 64,4	105
Jun.	162	2	48	49,0	2,2	13,0 a 83,2	102
Jul.	296	13	116	95,3	5,5	47,5 a 184,0	82
Ago.	927	25	241	274,1	11,4	44,7 a 436,9	114
Set.	1097	31	325	324,4	15,4	92,4 a 556,6	100
Out.	1009	16	272	282,8	12,9	69,3 a 474,0	104
Nov.	807	63	286	236,2	13,5	116,9 a 454,9	83
Dez.	816	24	291	270,1	13,8	97,8 a 484,3	93

correspondendo a cerca de 15% do total anual. Resultados diferentes quanto ao ciclo de floração do cacauzeiro foram obtidos por ALVIM (15), na Bahia. O período de maior intensidade de floração foi observado nos meses de novembro a junho. A menor intensidade de floração ocorreu no período de agosto a outubro. Segundo o autor, resultados discrepantes foram obtidos em outras estações experimentais, no Estado da Bahia, não tendo sido possível identificar se essas diferenças foram causadas por fatores climáticos, idade das plantas, diferenças entre variedades ou métodos de estudo utilizados.

Aplicando-se a análise de correlação entre os valores médios mensais de floração e as variáveis agroclimáticas, foram identificadas entre as variáveis mais fortemente associadas, a amplitude térmica, com coeficiente de correlação de 0,6294; a umidade relativa, com coeficientes de correlação de -0,5360; o excedente hídrico, com coeficiente de correlação de -0,5120, e a precipitação pluvial, com coeficiente de correlação de -0,5101. Entretanto, ao se aplicar a análise de correlação entre os valores médios mensais de floração e os valores médios mensais das variáveis agroclimáticas, defasadas de dois meses, verificou-se forte associação entre a floração e a precipitação pluvial média mensal com coeficiente de correlação de -0,9390. Esta relação pode ser observada na Figura 15.

Este resultado entre floração e precipitação pluvial não havia sido estabelecido na Região Amazônica. O declínio da floração em função do excesso da precipitação pluvial foi constatado na Costa Rica, por YOUNG (45).

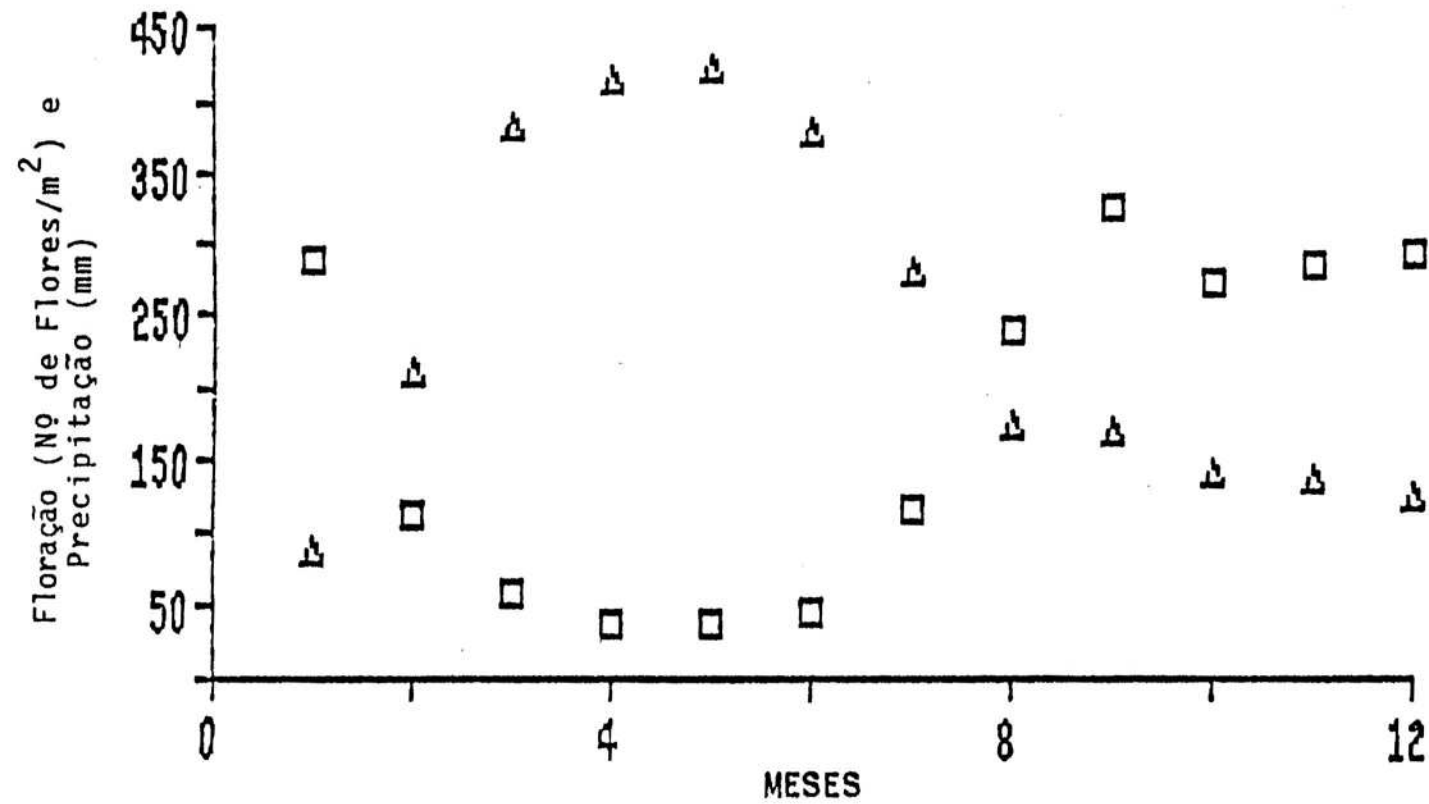


FIGURA 15 - Valores Médios Mensais de Precipitação Pluvial Defasados de Dois Meses, em Relação aos Valores Médios Mensais de Floração. □ Floração do Mês (i); Δ Precipitação do Mês (i-2).

Trabalhos realizados por ALVIM (15) sugerem que a intensidade de floração do cacaueteiro são afetados principalmente pela distribuição das chuvas e pela temperatura. O autor enfatiza que essa influência depende das condições internas da planta, principalmente da carga de frutos.

Dentre os eventos fenológicos do cacaueteiro estudados, a floração foi o que mais se relacionou com a incidência de pecos e com a produção de frutos maduros. Esta constatação suporta a afirmação feita por ALVIM (17), considerando a floração como um dos processos fisiológicos mais diretamente relacionado com o mecanismo de produção de frutos maduros e produção de pecos. A análise de correlação entre os valores médios mensais de floração e incidência de pecos apresentou coeficiente de correlação de 0,7838.

A melhor relação entre floração e a produção de frutos maduros foi obtida com os valores de floração média mensal defasados de três meses, apresentando coeficiente de correlação de 0,6832. Estes resultados indicam a relação existente entre floração e produção de frutos maduros e pecos, embora grande parte na variação da produção, de frutos maduros e pecos seja influenciada por outras variáveis.

A Figura 16 apresenta a variação anual da floração do cacaueteiro, em Belém, PA, durante o período de 1974/1983. A floração média anual neste período foi de 2113 flores caídas por metro quadrado. A máxima intensidade de floração foi observada no ano de 1974, com 5523 flores caídas por metro quadrado. A mínima intensidade de floração ocorreu em 1979, com 477 flores caídas por metro quadrado.

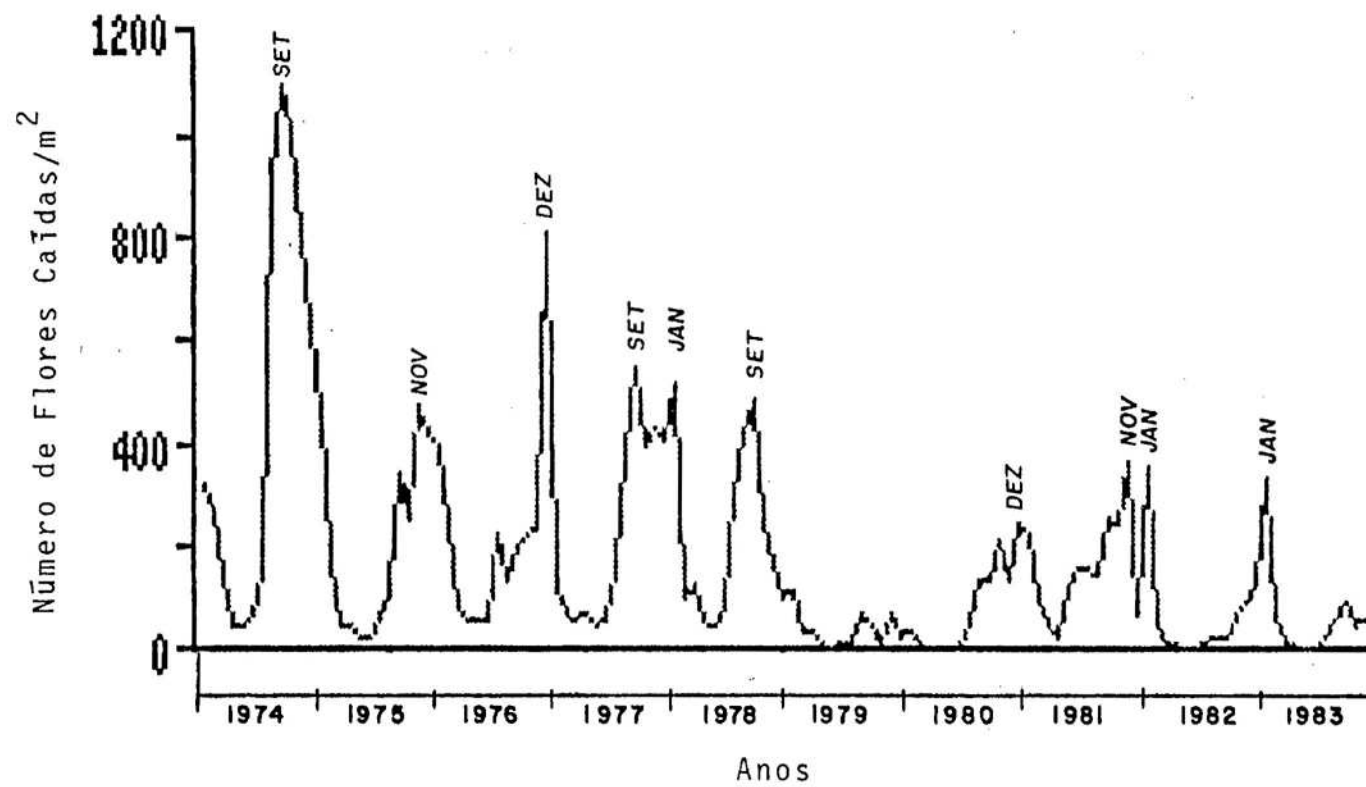


FIGURA 16 - Variação Anual da Floração do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983.

4.2.4. Incidência de Pecos

A Figura 17 apresenta a média mensal da incidência de pecos por cacauero, baseado no período de 1974/1983. O resumo estatístico correspondente aos dados desta figura encontra-se no Quadro 5. A incidência máxima mensal de pecos foi observada nos meses de outubro e novembro, com 11 pecos por cacauero, em cada um destes dois meses. A mínima ocorrência mensal de pecos verificou-se em junho, com apenas um peco por cacauero. A incidência média mensal de pecos durante o período estudado foi de cinco pecos por cacauero. A maior incidência de pecos por cacauero está concentrada nos meses de agosto, setembro, outubro, novembro e janeiro, correspondendo a aproximadamente 70% do total anual da incidência de pecos. Verifica-se, através do desvio-padrão destes cinco meses, maior homogeneidade dos dados apresentando-se em setembro, novembro e janeiro, enquanto que em outubro e agosto os dados apresentam-se mais dispersos com altos valores no coeficiente de variação, em decorrência da alta intensidade de pecos manifestada em outubro de 1979 e agosto de 1981 (Figura 18).

A análise de correlação entre os valores médios mensais da incidência de pecos e as variáveis agroclimáticas estudadas indicou a amplitude térmica com coeficiente de correlação de 0,6354, a umidade relativa com coeficiente de correlação de -0,5909 e o excedente hídrico com coeficiente de correlação de -0,5243, como as variáveis mais fortemente associadas.

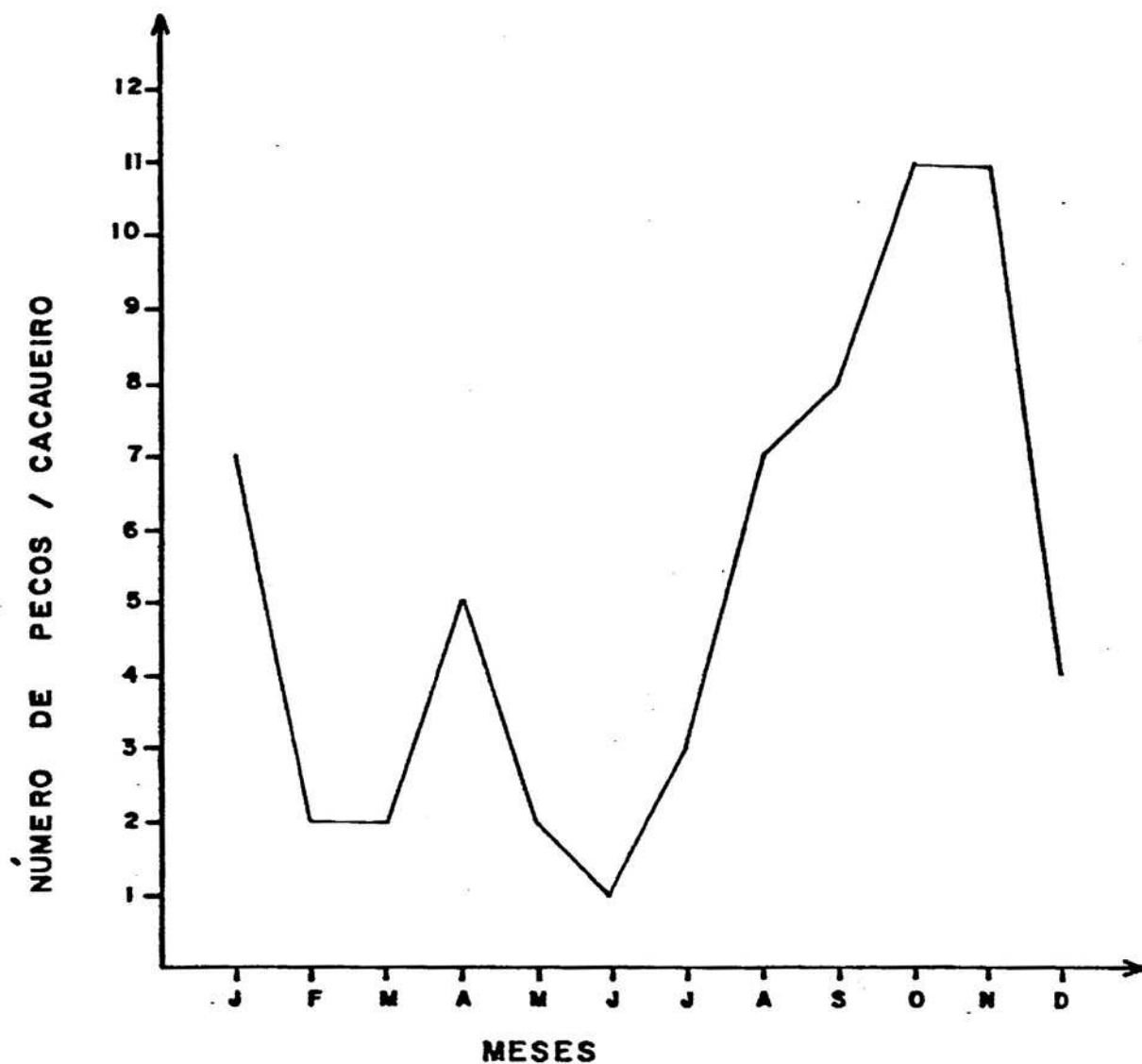


FIGURA 17 - Média Mensal da Incidência de Pecos no Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983.

QUADRO 5 - Média e Variação Mensais da Incidência de Pecos do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983

Mês	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-Padrão	% do Total Anual	Intervalo de Confiança da Média (95%)	Coefficiente de Variação (%)
Jan.	17	2	7	5,2	11,1	3,5 a 10,6	72
Fev.	7	0	2	2,1	3,2	0,7 a 3,5	91
Mar.	9	0	2	2,5	3,2	0,5 a 4,2	104
Abr.	26	0	5	8,0	7,9	-0,7 a 10,4	163
Mai	6	0	2	1,6	3,2	0,3 a 2,8	100
Jun.	4	0	1	1,6	1,6	0,3 a 2,3	133
Jul.	24	0	3	7,4	4,8	-2,1 a 8,2	264
Ago.	34	1	7	9,9	11,1	-0,5 a 13,4	152
Set.	20	2	8	5,6	12,6	4,0 a 11,9	69
Out.	36	2	11	10,8	17,5	3,0 a 18,2	101
Nov.	18	1	11	5,4	17,5	6,2 a 14,0	54
Dez.	9	1	4	2,9	6,3	2,2 a 6,1	67

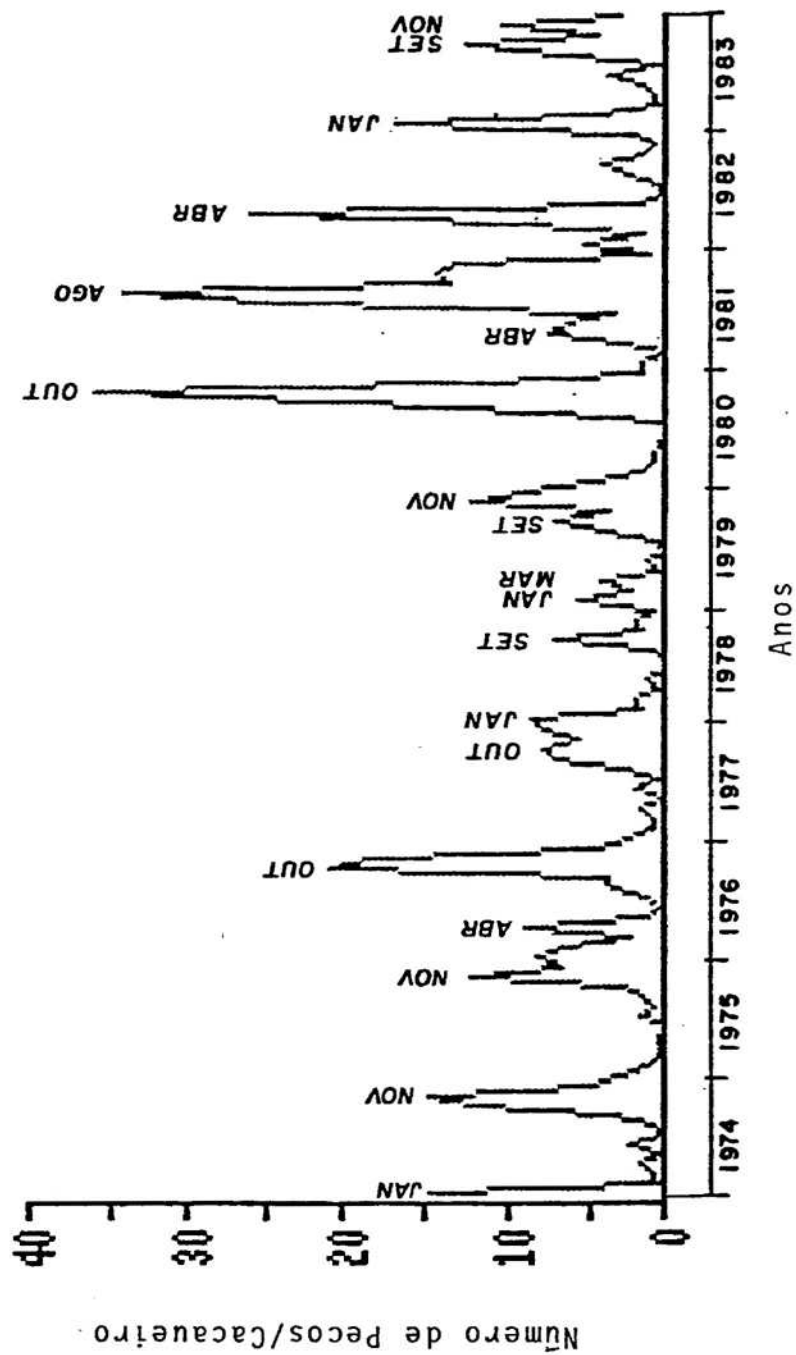


FIGURA 18 - Variação Anual da Incidência de Pecos do Cacaueiro em Belém, PA, no período de 1974/1983.

A Figura 18 mostra a variação anual do número de pecos por cacauero, durante o período de 1974/1983. A incidência anual de pecos por cacauero apresentou um máximo de 122, em 1981, e um mínimo de 28, em 1978. O valor médio anual, correspondente ao período de 1974/1983, foi de 63 pecos por cacauero.

A análise de correlação entre os totais anuais de pecos e os valores médios anuais das variáveis agroclimáticas indicou as mesmas variáveis obtidas na análise de correlação mensal, porém, com valores bem diferentes. Os coeficientes de correlação entre totais anuais de pecos e valores anuais de umidade relativa, amplitude térmica e excedente hídrico foram -0,6097, 0,4710 e -0,3694, respectivamente.

4.2.5. *Produção de Frutos Maduros*

A Figura 19 apresenta a variação média mensal da produção de frutos maduros, expressa em número de frutos maduros por cacauero. O resumo estatístico dos dados utilizados nesta figura está apresentado no Quadro 6. O ciclo de produção de frutos maduros do cacauero em Belém, PA, é bem estabelecido, destacando-se como o período de maior produção os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. Estes quatro meses contribuem com aproximadamente 60% da produção anual de frutos maduros do cacauero, entretanto, os intervalos de confiança mais elevados apresentam-se nos meses de dezembro e janeiro, com probabilidade superior a 95% de

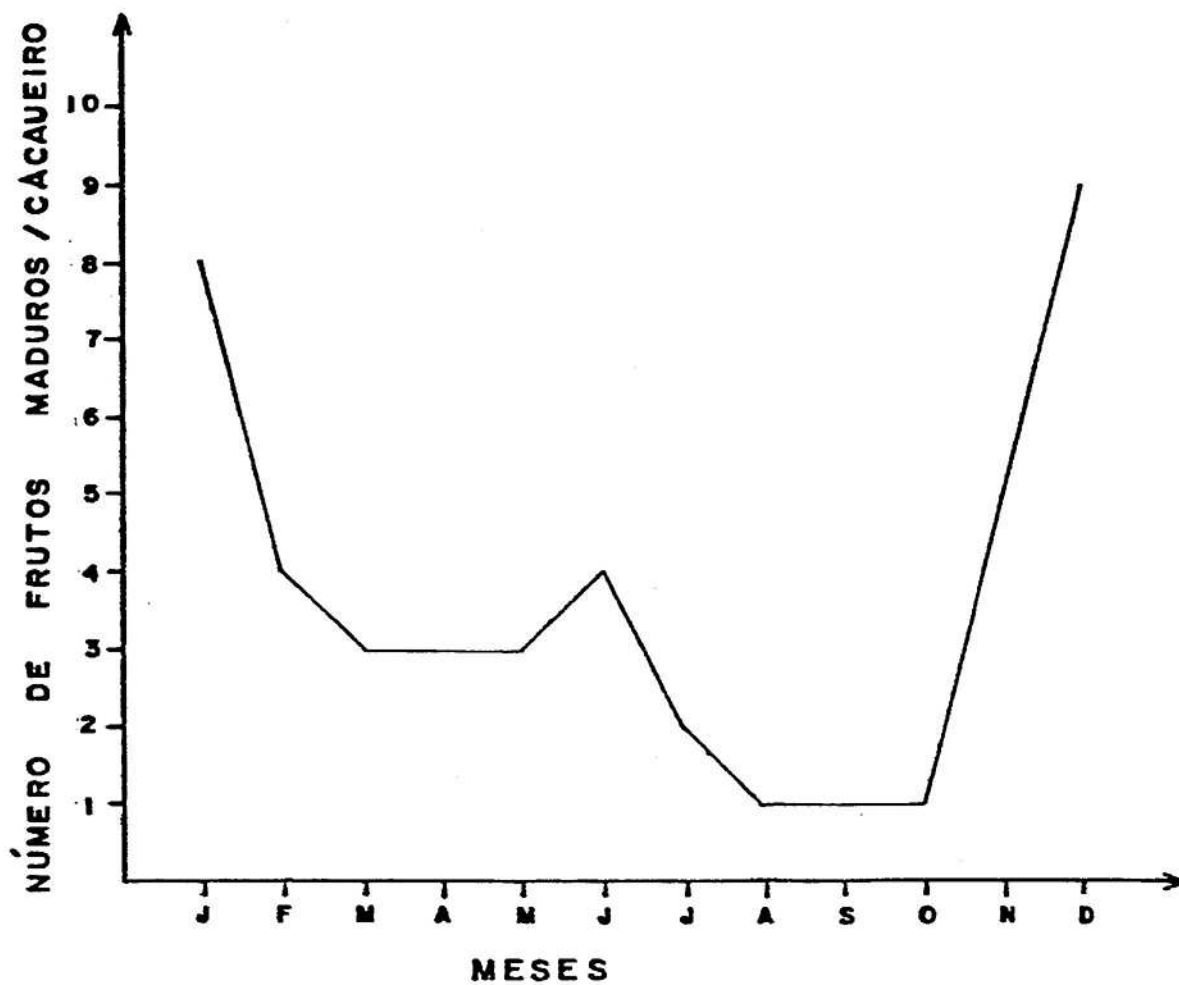


FIGURA 19 - Média Mensal da Produção de Frutos Maduros do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983.

QUADRO 6 - Média e Variação Mensais da Produção de Frutos Maduros do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983

Mês	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-Padrão	% do Total Anual	Intervalo de Confiança da Média (95%)	Coefficiente de Variação (%)
Jan.	18	0	8	5,3	18,2	4,5 a 11,9	64
Fev.	11	0	4	3,4	9,1	1,9 a 6,8	77
Mar.	8	0	3	2,5	6,8	1,4 a 4,9	78
Abr.	5	1	3	1,7	6,8	1,4 a 3,8	65
Mai	8	1	3	2,2	6,8	1,6 a 4,6	71
Jun.	19	0	4	5,5	9,1	0,1 a 7,9	137
Jul.	3	0	2	1,0	4,5	0,8 a 2,2	67
Ago.	3	0	1	0,8	2,3	0,4 a 1,6	80
Set.	3	0	1	0,9	2,3	0,2 a 1,5	100
Out.	3	0	1	0,8	2,3	0,4 a 1,6	80
Nov.	8	1	5	2,1	11,4	3,0 a 6,1	46
Dez.	21	1	9	5,7	20,4	5,0 a 12,9	63

conter seus valores médios. Seus desvios-padrão e coeficientes de variação apresentam-se com valores similares, indicando assim que os dados, nestes dois meses, encontram-se com a mesma magnitude. O período de março a outubro apresenta relativamente baixa produção, embora os meses de agosto, setembro e outubro sejam os que apresentam menor produção. Os meses de dezembro e janeiro foram os meses que apresentaram maiores médias mensais, com nove e oito frutos maduros por cacaueteiro, respectivamente.

Os resultados obtidos pela análise de correlação entre valores médios mensais de produção e variáveis agroclimáticas identificaram associação significativa entre produção de frutos maduros por cacaueteiro com o excedente hídrico ($r = 0,8347$) e precipitação pluvial ($r = 0,8274$), ambos defasados de oito meses. Esta relação está ilustrada na Figura 20. Pode-se observar que a curva da variação média mensal de frutos maduros é aproximadamente paralela à curva da precipitação média mensal defasada de oito meses.

Vários trabalhos foram realizados sobre a correlação entre produção de frutos maduros e precipitação pluvial de alguns meses atrás (4, 17, 20). Os resultados apresentaram correlações positivas e negativas, dependendo da distribuição do regime pluvial. Segundo ALVIM (17), observou-se boa relação entre produção mensal de frutos e a precipitação pluvial de seis meses antes, para as regiões produtoras de cacau da África Ocidental e da Malásia. O autor também observou a influência da distribuição de precipitação de sete meses atrás na produção de frutos maduros do cacaueteiro.

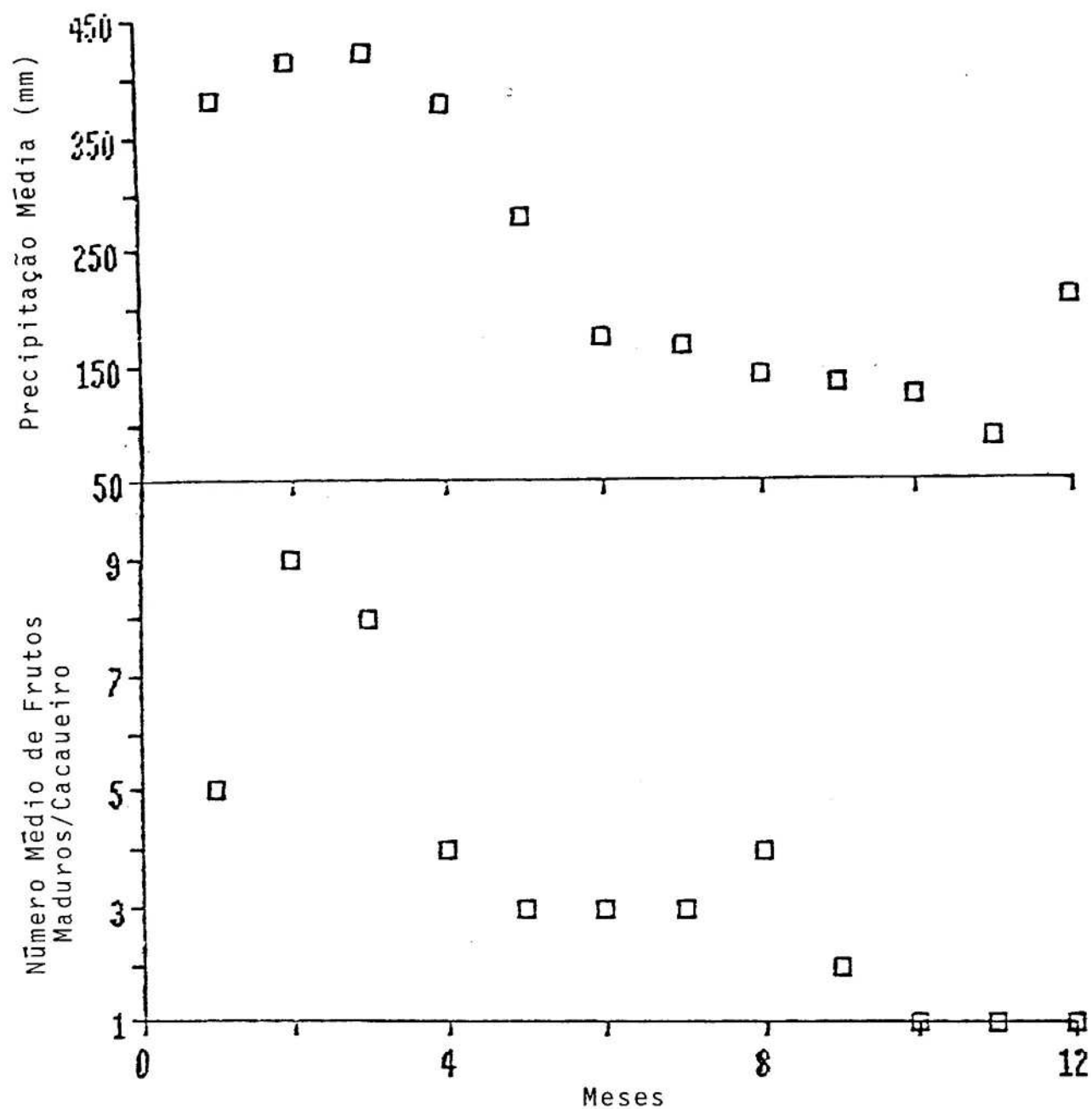


FIGURA 20 - Valores Médios Mensais de Precipitação Pluvial Defasados de Oito Meses, em Relação aos Valores Médios Mensais da Produção de Frutos Maduros, em Belém, PA, no Período de 1974/1983.

A variação anual média da produção de frutos maduros por cacaveiro está ilustrada na Figura 21. A produção média anual durante o período de 1974/1983 foi de 44 frutos maduros por cacaveiro. A produção anual máxima foi observada no ano de 1974, com 61 frutos colhidos por cacaveiro. A menor produção anual foi observada nos anos de 1977 e 1982, com 33 frutos por cacaveiro.

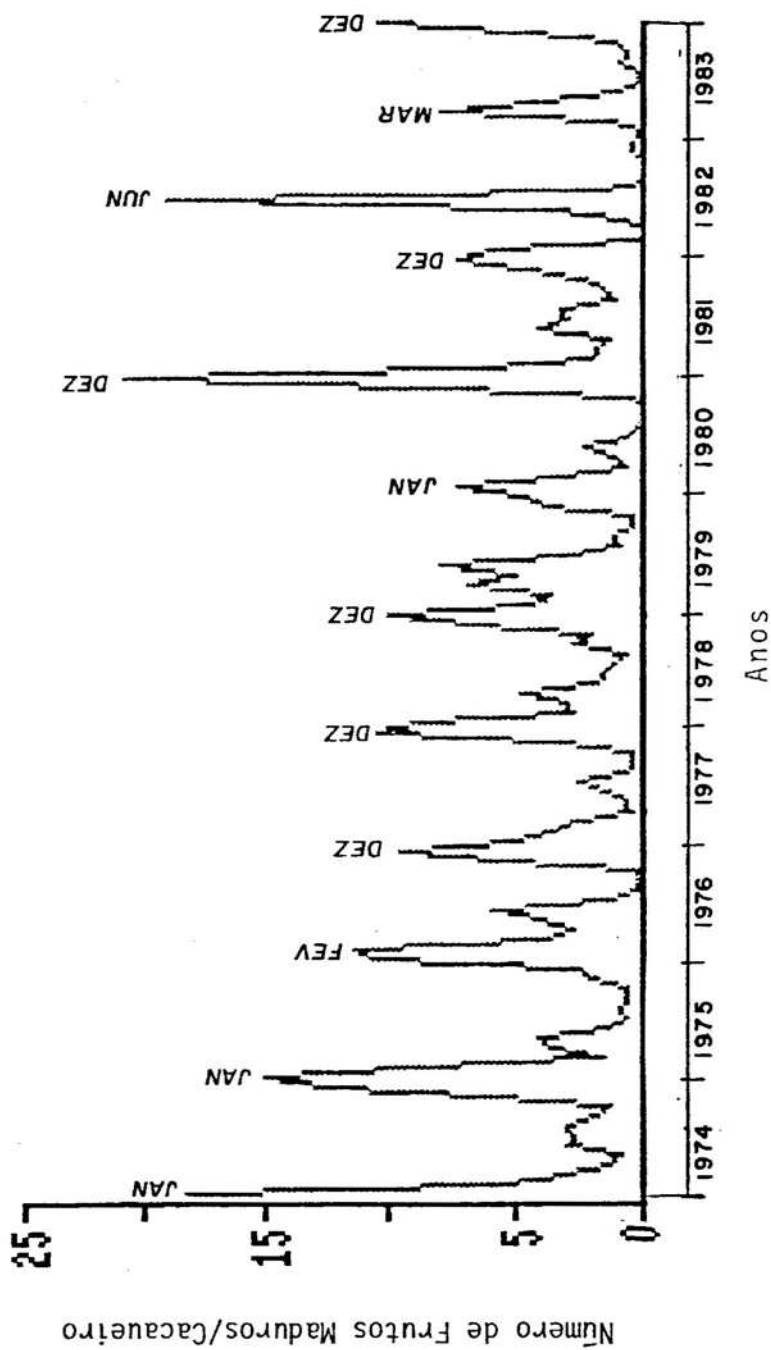


FIGURA 21 - Variação Anual da Produção de Frutos Maduros do Cacaueiro em Belém, PA, no Período de 1974/1983.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Dados fenológicos e meteorológicos mensais obtidos no Campo Experimental da CEPLAC, em Belém, PA, durante o período de 1974/1983, foram analisados com o objetivo de estabelecer possíveis relações entre os eventos fenológicos do cacau eiro e parâmetros agroclimáticos.

Várias combinações das variáveis agroclimáticas foram testadas com os eventos fenológicos do cacau eiro: lançamento de folhas novas, queda de folhas, floração, incidência de pecos e produção de frutos maduros.

Os eventos fenológicos do cacau eiro, em Belém, PA, manifestaram-se durante todos os meses do ano, embora possam ser identificadas as variações sazonais. Estas análises não identificaram nenhuma variável agroclimática específica que isolada ou combinadamente explicasse as variações mensais e anuais de lançamento de folhas novas do cacau eiro.

A variação mensal de queda de folhas apresentou-se positivamente correlacionada com a temperatura média do ar ($r = 0,8444$) e negativamente correlacionada com a precipitação pluviual ($r = -0,6945$).

Dentre as variáveis agroclimáticas que apresentaram mais forte associação com a floração, destacaram-se a amplitude térmica ($r = 0,6294$) e a precipitação pluviual ($r = -0,5101$). Todavia, o efeito da precipitação na floração foi mais evidente com dois meses de defasagem, em que se obteve um coeficiente de correlação de $-0,9390$. Os resultados mostraram a influência da floração na incidência de pecos e produção de frutos maduros. A relação entre os valores médios mensais de floração e incidência de pecos foi caracterizada por um coeficiente de correlação de $0,7838$. A melhor relação entre floração e produção de frutos maduros foi obtida com os valores de floração média mensal defasada de três meses, apresentando coeficiente de correlação de $0,6832$.

A incidência média mensal de pecos apresentou-se mais fortemente associada com amplitude térmica ($r = 0,6354$) e excedente hídrico ($r = -0,5243$).

A produção média mensal de frutos maduros por cacauero apresentou mais forte associação com excedente hídrico ($r = 0,8347$) e precipitação pluviual ($r = 0,8274$), ambos defasados de oito meses.

Esta pesquisa teve como objetivo apontar algumas relações relevantes entre as variáveis agroclimáticas e os eventos fenológicos do cacauero, como também suscitar questões

pouco esclarecidas e que exigem pesquisas futuras. Entre tais pesquisas, destacam-se: medições das variáveis meteorológicas no interior da cultura, a fim de caracterizar o microclima local; estabelecer relações entre as condições meteorológicas regionais e o microclima; dar continuidade às observações fenológicas e meteorológicas, concomitantemente, com o objetivo de ampliar a série temporal e aperfeiçoar as conclusões agroclimáticas; desenvolver índices climáticos e compará-los ao comportamento da cultura em suas diversas fases fenológicas. Estender as pesquisas para outros pólos cacaueiros da Amazônia, para averiguar as inter-relações nos diferentes pólos.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. ALMEIDA, H.A. *Influência dos elementos meteorológicos no lançamento foliar, na floração e frutificação do cacau-eiro (Theobroma cacao L.)*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 1986. 111 p. (Tese M.S.)
2. ALVIM, P.T. Studies on the cause of cherelle wilt of cacao. *Turrialba*, 4: 72-78. 1954.
3. ALVIM, P.T. Fatores que controlam os lançamentos do cacau-eiro. In: REUNIÃO DO COMITÊ TÉCNICO INTERAMERICANO DE CACAU, 6. Salvador, 1956. *Anais...* Salvador, 1956. p. 117-25.
4. ALVIM, P.T. Correlação entre chuva, temperatura, produção do cacau-eiro. In: REUNIÃO DO COMITÊ TÉCNICO INTERAMERICANO DE CACAU, 6. Salvador, 1956. *Anais...* Salvador, 1956. p. 133-6.
5. ALVIM, P.T. Tree growth periodicity in tropical climates. In: ZIMMERMANN, M.H. ed. *The formation of wood in forest tree*. New York, Academic Press, pp. 479-95. 1964.
6. ALVIM, P.T. *Periodicidade de crescimento das árvores em climas tropicais*. Itabuna, Centro de Pesquisa do Cacau, 1965. 15 p.

7. ALVIM, P.T. Ciclo de folhas do cacauzeiro. *Cacau Atualidades*, 2(6): 72-3. 1965.
8. ALVIM, P.T. A floração do cacauzeiro na Bahia. *Cacau Atualidades*, 2(6): 71-2. 1965.
9. ALVIM, P.T. *Ecologia do cacauzeiro*. Itabuna, Centro de Pesquisas do Cacau, 1965. 20 p.
10. ALVIM, P.T. *Factores affecting flowering of the cocoa tree*. Itabuna, Centro de Pesquisas do Cacau, 1965. 7 p.
11. ALVIM, P.T. Causas do peço dos frutos jovens do cacauzeiro. *Cacau Atualidades*, 3(3): 2-5. 1966.
12. ALVIM, P.T. Fatores responsáveis pela queda de produção de cacau na Bahia em 1968. *Cacau Atualidades*, 5: 9-14. 1968.
13. ALVIM, P.T.; MACHADO, A.D.; GRANGIER Jr., A. Alguns estudos sobre as relações de água, solo e crescimento do cacauzeiro. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU; 2^a, Salvador e Itabuna, Bahia, 19 a 26 de novembro de 1967. *Memórias...* Itabuna, Centro de Pesquisas do Cacau, pp. 316-26, 1969.
14. ALVIM, R. & ALVIM, P.T. Hydroperiodicity in cocoa tree. In: *Proc. 5th Int. Cocoa Research Conference*, Nigeria, pp. 204-9. 1975.
15. ALVIM, P.T. Cacao. In: ALVIM, P.T. & KOZLOWSKI, T.T. *Ecophysiology of Tropical Crops*. New York, Academic Press, 1977. p. 279-313.
16. ALVIM, P.T. *Por que "Pecam" os frutos do cacauzeiro*. Itabuna, CEPLAC/CEPEC, 1977. 6 p.
17. ALVIM, P.T. Relações entre fatores climáticos e produção do cacauzeiro. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, X, São Domingos, República Dominicana, 17 a 23 de maio de 1987, 12 p.

18. BOYER, J. Influence des régimes hydrique, radiatif et thermique du climat sur l'activité végétative et la floraison de cacaoyers cultivés au Cameroun. *Café Cacao Thé*, 16(3): 189-201, 1970.
19. BRAUDEAU, J. *El cacao*. 2^a ed., Barcelona, Blume, 1978. 297 p.
20. BRIDGLAND, L.S. Study of the relationship between cacao yield and rainfall. *The Papua and New Guinea Agricultural Gazette*, 8(2): 7-14, 1953.
21. BURGOS, J.J. & REYES, H.E. Tipos agroclimáticos mundiales del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agronomía Tropical*, 15(1-4): 169-91, Venezuela, 1965.
22. CARLETTO, G.M. *A polinização controlada na flor do cacauero*. Instituto de Cacau da Bahia, 1946. 39 p. (Boletim Técnico, 6). Série "Cultura de Cacau".
23. GARCIA, J.J.S.; MORAIS, F.I.O.; ALMEIRA, L.C.; DIAS, J.C. *Sistema de produção do cacauero na Amazônia Brasileira*. Belém, CEPLAC/DEPEA, 1985. 118 p.
24. GREENWOOD, M. & POSNETTE, A.F. The growth flushes of cacao. *J. Hort. Sci.*, 25(3): 164-74, 1950.
25. HARDY, F. O rendimento máximo do cacau: uma discussão de alguns fatores que contribuem para o elevado rendimento. *Tropical Agriculture*, 16(8): 1-23, 1939.
26. HARDY, F. *Manual de cacao*. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1961. 439 p.
27. HUMPHRIES, E.C. Studies in the physiology of *Theobroma cacao*, with special reference to cherville wilt. *Annu. Rep. Cacao Res. Imp. Coll. Trop. Agric. Sta. Augustine, Trinidad*, pp. 23-27, 1943.
28. KOZLOWSKI, T.T. Extent and significance of shedding of plant parts. In: *Shedding of Plant Parts*. New York, Academic Press, 1973. p. 1-14.

29. LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates using temperature data alone. *Agricultural Meteorology*, Amsterdam, 18: 409-24, 1977.
30. MACHADO, R.C.R. e ALVIM, P.T. Efeito da deficiência hídrica no solo sobre a renovação de folhas, floração e estado de água no cacauero. *Rev. Theobroma*, 11(3): 183-92, 1981.
31. McDONALD, J.A. An environmental study of the cacao tree. Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad). *Cacao Research Annual Report*, 1: 29-38, ii-iv, 1932-33.
32. OLIVEIRA, M.C.F.; SILVA, I.M.O.; MORAES, J.C.; COSTA, J.P.R. Estudo comparativo das taxas de evaporação e evapotranspiração em Belém-Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 3. Belo Horizonte, 1984. *Anais...* Belo Horizonte, 1984. p. 45-51.
33. OWUSU, J.K.; ADOMAKO, D.; KHUTCHEON, W. Seasonal changes in total free sugar content of field cocoa plant. *Physiol. Plant*, 44: 43-7, 1978.
34. RATISBONA, L.R. The climate of Brazil. In: WISCHWERDT-FEGER, ed. *World Survey of Climatology*. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company, 1976. p. 219-93.
35. SALE, P.J.M. Effect of temperature on growth. *Ann. Rep. Cacao Res.*, Trinidad, 1966, p. 33-8.
36. SALE, P.J.M. Growth, flowering and fruiting of cacao under controlled soil moisture conditions. *J. Hort. Sci.*, 45(2): 99-118, 1970.
37. SANTOS, A.O.S.; SANTOS, M.M.; SCERNE, R.M.C. *Cultivo do cacauero na Amazônia Brasileira*. Belém, CEPLAC/DEPEA/COPEP, 1980. 56 p. (Comunicado Técnico Especial, 3).
38. SCERNE, R.M.C. e MORAIS, F.I.O. Levantamento climático dos polos cacaueros da Amazônia. *CEPEC - Informe Técnico*, Ilhéus, 1982. p. 275-83.
39. SILVA, L.F. *O cacauero como alternativa agrícola para a Amazônia Brasileira*. Belém, CEPLAC/DEPEA, 1984. 25 p.

40. SILVA, W.S.; ALVIM, P.T.; ARAGÃO, O.P. Fenologia do cacau eiro sob regimes de irrigação diferencial. *CEPEC - Informe Técnico*, Ilhêus, 1980, p. 35-37. 1982.
41. THORNTHWAITTE, C.W. & MATHER, J.R. *The water balance*. Centerton, Drexel Institute, 1955. 86 p.
42. TUBELIS, A. e NASCIMENTO, F.J.L. Balanço hídrico. In: *Meteorologia descritiva; fundamentos e aplicações brasileiras*, Nobel, São Paulo, 1980. p. 300-3.
43. VOGEL, M. e MACHADO, R.C.R. Fatores internos e externos responsáveis pelas variações de intensidade da floração e dos lançamentos foliares no cacauero. *CEPEC - Informe Técnico*, Ilhêus, 83, 1982.
44. VOGEL, M.; MACHADO, R.C.R.; ALVIM, P.T. Remoção de órgãos jovens como método de avaliação das interações fisiológicas no crescimento, floração e frutificação do cacauero. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 8. Cartagena, 1982. *Proceedings ...* Cartagena, 1982.
45. YOUNG, A.M. Flowering and fruit-setting patterns of cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) (Sterculiaceae) at three localities of Costa Rica. *Turrialba*, 34(2): 129-42.
46. ZARONI, M.M.H. e NICOLELLA, G. Algumas relações entre variáveis climáticas e produção do cacau na Fazenda Unitária do Centro de Pesquisas do Cacau, Bahia. *Rev. Theobroma*, 14(2): 143-8, 1984.