

**CARACTERÍSTICAS AGROCLIMATOLÓGICAS  
DE IGARAPÉ-AÇU, PA E SUAS IMPLICAÇÕES  
PARA AS CULTURAS ANUAIS: FEIJÃO  
CAUPI, MILHO, ARROZ E MANDIOCA**

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente

Fernando Henrique Cardoso

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO

Ministro

Marcus Vinicius Pratini de Moraes

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

Presidente

Alberto Duque Portugal

Diretores

Dante Daniel Giacomelli Scolari  
Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha  
José Roberto Rodrigues Peres

Chefia da Embrapa Amazônia Oriental

Emanuel Adilson Souza Serrão - Chefe Geral  
Jorge Alberto Gazel Yared - Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento  
Antonio Carlos Paula Neves da Rocha - Chefe Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio  
Antonio Ronaldo Teixeira Jatene - Chefe Adjunto de Administração

**CARACTERÍSTICAS AGROCLIMATOLÓGICAS  
DE IGARAPÉ-AÇU, PA E SUAS IMPLICAÇÕES  
PARA AS CULTURAS ANUAIS: FEIJÃO  
CAUPI, MILHO, ARROZ E MANDIOCA**

Therezinha Xavier Bastos  
Nilza Araújo Pacheco



Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Amazônia Oriental

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n

Telefones: (91) 276-6653, 276-6333

Fax: (91) 276-9845

e-mail: cpatu@cpatu.embrapa.br

Caixa Postal, 48

66095-100 – Belém, PA

Tiragem: 200 exemplares

#### Comitê de Publicações

Leopoldo Brito Teixeira – Presidente

Antonio de Brito Silva

Antonio Pedro da S. Souza Filho

Expedito Ubirajara Peixoto Galvão

Joaquim Ivanir Gomes

Maria do Socorro Padilha de Oliveira

Maria de N. M. dos Santos – Secretária Executiva

#### Revisores Técnicos

Benedito Nelson Rodrigues da Silva – Embrapa Amazônia Oriental

Luiz Guilherme Teixeira Silva – Embrapa Amazônia Oriental

Sandra Maria Neiva Sampaio – Embrapa Amazônia Oriental

#### Expediente

Coordenação Editorial: Leopoldo Brito Teixeira

Normalização: Isanira Coutinho Vaz Pereira

Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos

Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho

BASTOS, T.X.; PACHECO, N.A. **Características agroclimáticas de Igarapé-Açu, PA e suas implicações para as culturas anuais: feijão caupi, milho, arroz e mandioca.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 25).

ISSN 1517-2228

1. Climatologia agrícola – Brasil – Pará – Igarapé-Açu. 2. Caupi. 3. Milho. 4. Arroz. 5. Mandioca. I. Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. II. Título. III. Série.

CDD: 630.2516098115

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	9
CARACTERÍSTICAS DA ESTAÇÃO E DADOS METEOROLÓGICOS .....	9
EXIGÊNCIAS DAS CULTURAS .....	10
ANÁLISE DOS DADOS .....	10
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	12
CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	12
REGIME DAS CHUVAS .....	14
PERÍODOS DE CHUVA .....	14
TEMPERATURA DO AR .....	15
FOTOPERÍODO E BRILHO SOLAR .....	17
RADIAÇÃO SOLAR.....	18
UMIDADE ATMOSFÉRICA .....	18
VENTO .....	20
<b>CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS</b> .....	21
BALANÇO HÍDRICO .....	22
<b>CONCLUSÃO</b> .....	24
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	29

# CARACTERÍSTICAS AGROCLIMATOLÓGICAS DE IGARAPÉ-AÇU, PA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS CULTURAS ANUAIS: FEIJÃO CAUPI, MILHO, ARROZ E MANDIOCA

Therezinha Xavier Bastos<sup>1</sup>  
Nilza Araújo Pacheco<sup>2</sup>

**RESUMO:** Este trabalho descreve as condições climáticas de Igarapé-Açu comparadas às exigências agroclimáticas de culturas anuais como o feijão caupi, milho, arroz e mandioca, principais culturas alimentares na região. O estudo utilizou dados diários de uma estação meteorológica localizada, aproximadamente, a 01° 11' de latitude sul e 47° 35' de longitude oeste de Greenwich, entre 1984 e 1998, e determinações de elementos climatológicos e derivados, bem como, informações sobre as principais características biológicas, edáficas e climáticas dessas culturas. Igarapé-Açu está situada no nordeste paraense, uma das mais antigas áreas de exploração agrícola do Estado do Pará, sob solo de baixa fertilidade. Os elementos agroclimatológicos incluídos neste estudo foram: temperatura e umidade do ar, horas de brilho solar, chuva, vento, evapotranspiração e estimativa de balanços hídricos. A determinação da evapotranspiração para cada cultura e sua relação com a distribuição diária da chuva foram também considerados. O resultado indicou que a área em estudo apresenta bom potencial para as culturas mencionadas, entretanto, as seguintes condições necessitam ser observadas para que as culturas atinjam boa produtividade: para as culturas que dependeram apenas da chuva, observou-se que de janeiro até julho houve melhores condições de disponibilidade de água para o uso das plantas do que entre agosto e dezembro, todavia, precauções devem ser tomadas em relação ao manejo do solo, por causa do elevado excedente de água que ocorre durante essa época do ano.

Termos para indexação: agroclimatologia, culturas anuais, deficiência hídrica, excedente hídrico, evapotranspiração.

---

<sup>1</sup>Eng.-Agr., Ph.D., Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-970, Belém, PA. Email: tbasyos@nautilus.com.br

<sup>2</sup>Eng.-Agr., M.Sc., Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental. Email: nilza@cpatu.embrapa.br

# **IGARAPÉ-AÇU AGROCLIMATOLOGICAL CHARACTERISTICS AND THEIR INFLUENCE ON ANNUAL CROPS: COWPEA, CORN, RICE AND CASSAVA**

**ABSTRACT:** In this study Igarapé-Açu climatic conditions are described and compared with agroclimatic requirements of annual crops: cowpea, corn, rice and cassava that are the basic staples in the region. It takes into consideration daily elements from a meteorological station from 1994-98 located approximately at 01° 11'S and 47° 35'W and estimates of some climatic and derived elements and other information about biological, climatic and soil requirements for the crops already cited. Igarapé-Açu is located in Northeastern Pará, one of oldest areas of agricultural exploitation of the Pará State, on soil of low fertility. The agroclimatological elements included in this study are: air temperature and humidity, sunshine duration, rainfall, wind evapotranspiration and water balance calculation. The determination of crops evapotranspiration and their association with rainfall daily distribution are also considered. The results indicated that the study area experience good potential for those crops, however the following conditions need to be taken into consideration in order to have good crops productivity: when the crops depended entirely on rainfall, it was observed that from January to July there was more available water for crops development than from July to December; however care should be taken in relation to soil management because of high water surplus that occurs during this time.

**Index terms:** agroclimatology, annual crops, water deficit, water surplus, evapotranspiration.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta os principais aspectos do ambiente agroclimático do município de Igarapé-Açu, uma das mais antigas áreas de exploração agrícola do nordeste paraense e onde importantes estudos estão sendo conduzidos com vistas ao desenvolvimento sustentável para essa região do Estado do Pará, incluindo o projeto SHIFT (Secondary forest and fallow vegetation in the Eastern Amazon: function and management), que estuda o impacto humano em floresta em áreas de terra firme e inundada nos trópicos (Denich et al., 1995).

No referido município, a paisagem agrícola é dominada por comunidades vegetais, incluindo floresta e vegetação secundária em diversos estádios de sucessão (capoeira de diferentes idades) e pequenas áreas cultivadas, principalmente, com culturas de ciclo curto como feijão caupi, milho, arroz, mandioca, melancia e maracujá, através do método tradicional de corte e queima e mão-de-obra familiar, sobre solos de baixa fertilidade. No município encontram-se também outros agrossistemas incluindo dendê, pimenta-do-reino, pastagem e sistemas agroflorestais.

O objetivo foi analisar os fatores agroclimatológicos mais relevantes registrados no referido município para as culturas do feijão caupi, milho, arroz e mandioca, partindo do princípio de que as condições de clima são importantes para o crescimento e rendimento agrícola, notadamente, das culturas mencionadas que constituem o forte da agricultura familiar e, portanto, decisivas para o sucesso desse tipo de empreendimento, conforme segue.

É sabido que, as condições climáticas e suas flutuações influenciam desde a germinação das sementes até a formação de novas sementes e que a interrupção de determinada fase vegetativa, o aparecimento de flores e frutos abor-

tados e a morte de plantas estão associados com anomalias climáticas estacionais, principalmente, as relacionadas com a distribuição das chuvas e as necessidades hídricas das culturas tais como: ocorrência de veranicos no período chuvoso ou chuvas excessivas por ocasião de época de estiagem. Além destas condições, vários autores têm demonstrado a importância de outros fatores climáticos na produtividade agrícola, tais como:

- A temperatura do ar afeta a maioria dos processos físicos e químicos das plantas e considera-se que cada espécie exige um ótimo de amplitude térmica e temperaturas máxima e mínima, além das quais a planta não se desenvolve satisfatoriamente. Temperaturas altas podem acelerar a floração e a maturação e quando associadas com insuficiência hídrica ou umidade do ar elevada acarretam no primeiro caso, redução no porte da planta e no segundo caso, prejuízo na qualidade das sementes. (Pascale, 1969; Rieder, 1985).

- A insolação e a radiação solar incidente estão associadas à produtividade das culturas, principalmente, pela influência desses elementos nos processos da fotossíntese, transpiração, floração e maturação. O efeito desses elementos na produtividade dos cultivos tem sido, em geral, avaliado em associação com a temperatura e a disponibilidade de água (Doorenbos & Kassam, 1979).

- A importância da umidade relativa do ar e do vento no desenvolvimento e produção dos cultivos está relacionada pela influência na demanda evaporativa da atmosfera, na transpiração das plantas e, portanto, nas necessidades hídricas. Tem sido demonstrado que a umidade quando muito baixa ou muito elevada é prejudicial para a maioria das plantas. Umidade abaixo de 60% pode ser prejudicial ao desenvolvimento das plantas por aumentar a taxa de transpiração. Por outro lado, condições de umidade acima de 90% reduzem a absorção de nutrientes, devido à redução da transpiração, além de favorecer a propagação de doenças fúngicas

(Bastos & Diniz, 1980). No caso da velocidade do vento, sabe-se que ventos fracos e moderados favorecem o desenvolvimento da maioria das culturas, por aumentarem a transpiração e, conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes pelas raízes. Todavia, sob condições de deficiência de água no solo, os ventos podem se tornar prejudiciais, por aumentarem a taxa de transpiração. Ventos fortes muito frequentes são prejudiciais aos cultivos, tanto por danos mecânicos como por afetar o processo fisiológico, (Ortolani,1986).

- O vento tem também papel importante em outros aspectos ligados à produtividade agrícola, tais como: disseminação do pólen e fecundação das flores, propagação de doenças e práticas com quebra-vento. (Herrera et al,1997; Volpe & Andrade (1997).

Dada à influência direta dos elementos do clima, como temperatura e umidade do ar, radiação solar, chuva e vento que exercem sobre os vegetais, é difícil conceber a realização de estudos agrônômicos, dissociados de estudos climáticos (Chang,1974; Bastos,1990; Guyot,1997).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **CARACTERÍSTICAS DA ESTAÇÃO E DADOS METEOROLÓGICOS**

Foram utilizados dados de temperatura, chuva, brilho solar e vento, os quais a partir de 1994 vêm sendo, sistematicamente, coletados de uma estação meteorológica constituída de aparelhos de leitura direta e de registros mecânicos, localizada a 01° 11' de latitude sul e 47° 35" de longitude oeste de Greenwich. Com exceção do heliógrafo, cuja troca de heliograma é efetuada após as 18 horas, a leitura dos demais instrumentais é efetuada diariamente às nove horas, acompanhada de ajustes dos instrumentais registradores. Para a quantificação dos elementos observados adotou-se o seguinte critério: a temperatura média diária foi calcula-

da a partir das temperaturas máxima e mínima; os totais de chuva foram provenientes da leitura de pluviômetro e de pluviógrafo; os totais de brilho solar (insolação), a partir de registros de heliogramas, e os valores de vento foram recuperados de registros de anemógrafo tipo universal. Para tanto, foram preparadas tabelas horárias de direção e velocidade e, posteriormente, determinadas médias de 24 horas. Para o caso da umidade do ar, as informações foram obtidas a partir de registros de termohigrógrafo aferido quinzenalmente, com base nas leituras de psicrômetro ventilado.

## EXIGÊNCIAS DAS CULTURAS

Foram identificadas as principais características biológicas das culturas (duração do ciclo e fases fenológicas) e determinadas as exigências climáticas para o município em estudo, com base em consultas a produtores, pesquisadores e bibliográfica, incluindo levantamento de condições climáticas de áreas de exploração econômica, de ocorrência natural e de informações sobre a ação de elementos climáticos, em distintas fases das culturas.

## ANÁLISE DOS DADOS

Para as análises dos dados obtidos, adotaram-se os modelos agrometeorológicos convencionais de Angstrom-Prescott para a determinação da radiação solar global, e de Penman, para determinações de evapotranspiração de referência – Eto, que representa a evaporação e transpiração simultânea de uma área vegetada com grama em estágio de crescimento ativo sem escassez de água. O balanço hídrico foi efetuado segundo o critério de Thornthwaite e Mather, citado em Bastos (1990), o qual refere-se à contabilidade da entrada e saída de água no sistema planta-solo-atmosfera, para fins agrícolas. O método permite, mediante a comparação entre a precipitação associada ou não à irrigação, que

atuam como fornecedores de água para o sistema e a evapotranspiração de referência, que representa a saída de água do sistema, quantificar e visualizar excedentes e deficiência de água, mediante variações da água armazenada no solo onde se encontram, aproximadamente, 80% do sistema radicular de uma cultura. Na determinação de balanços hídricos para o período de dados analisados, foram consideradas apenas a chuva como entrada de água utilizando a retenção hídrica de 125mm. Utilizou-se ainda as classificações Köppen e Thornthwaite para a determinação de tipos climáticos e coeficientes de cultivos ( $K_c$ ) para determinar a evapotranspiração máxima das culturas –  $E_{tm}$  (Doorenbos e Pruitt 1979; Oldeman e Frére, 1982; Bastos, 1990).

Para a determinação da  $E_{tm}$ , o ciclo de cada cultura foi dividido em estádios fenológicos, tendo sido atribuído para cada estágio os respectivos  $K_c$ . A divisão dos estádios obedeceu ao seguinte critério: Estádio I – do plantio até o início da emergência das plantas. Estádio II – desde 80% do desenvolvimento até a maturação. Estádio IV – da maturação até a colheita.

Para o caso da mandioca, consideraram-se apenas o três primeiros estádios. O estágio III para as culturas do feijão, milho e arroz, foi definido como o período entre o florescimento e o início da maturação dos grãos. Para a mandioca, correspondeu ao período onde ocorre o desenvolvimento acentuado das raízes.

Para a caracterização do regime de chuva, levou-se em consideração a duração de períodos de chuva, com base no conceito de chuva efetiva, determinada em função da evapotranspiração de referência e do balanço hídrico. Dentro deste critério, um mês foi considerado chuvoso ou úmido a partir da relação:  $P \geq ET$ , onde  $P$  = precipitação do mês e  $ET$  = evapotranspiração de referencia do mês. Foi considerado como período chuvoso, quando uma seqüência de meses satisfizes as condições acima definidas. As relações  $P < ET$  e  $P > ET/2$  caracterizam os períodos de estiagem e transição. O período de estiagem, em geral, vem após o período chuvoso,

enquanto o período de transição ocorre após o período seco e antecede o período chuvoso. Em tais períodos, eventualmente, pode ocorrer um mês chuvoso ou seco. O período seco é definido pela relação  $P < ET/2$ . Tal relação foi considerada como indicador de estresse hídrico (Bastos, 1990).

Ainda na análise das chuvas, considerou-se a variação do número de dias de chuva efetiva no decorrer dos meses (total de chuva igual ou acima de 5mm), a ocorrência de veranico (ausência de chuva durante dez dias contínuos) e a intensidade de chuva (chuva máxima em 24 horas).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS**

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios mensais de parâmetros climáticos observados em Igarapé-Açu, verificando-se que, embora o período de dados analisados seja insuficiente para definição do clima local, predominaram as seguintes situações: condições gerais de clima quente e úmido, enquadrando-se no tipos climáticos Ami, da classificação de Köppen e B2rAa', da classificação de Thornthwaite. Ambos significam clima tropical sem ocorrência de inverno estacional (Bastos, 1990). No primeiro caso, pode-se dizer que o clima é chuvoso, apresentando pequena estação seca e, no segundo caso, que o clima é úmido (da segunda classificação) com ocorrência de deficiência hídrica de pequena intensidade.

TABELA 1. Valores mensais de parâmetros climáticos observados na estação Marcelino. Igarapé-Açu, PA, no período de 1994 a 1998.

Mês	TX (°C)	Tm (°C)	UR (%)	Chuva			BS (h)	V (m/s)	D.V
				T (mm)	M24 h	N. D			
Jan.	31,5	21,3	89	357,3	83,2	15	136,2	1,4	NE
Fev.	31,2	21,8	88	290,5	88,6	16	128,1	1,4	NE
Mar.	31,0	21,7	92	392,3	93,8	18	125,6	1,2	NE
Abr.	31,5	21,4	92	356,0	53,0	19	132,6	1,3	NE
Mai.	31,9	21,0	85	300,3	86,4	18	169,1	1,1	NE
Jun.	32,0	20,7	85	224,1	45,8	13	221,9	1,3	SE
Jul.	31,8	21,0	86	166,6	43,0	12	229,4	1,3	E
Ago.	32,3	20,9	82	102,6	26,9	7	259,2	1,5	E
Set.	32,9	20,6	80	60,5	35,0	4	257,2	1,6	E
Out.	33,8	20,6	77	29,4	30,3	2	271,1	1,7	NE
Nov.	33,8	21,0	76	89,1	70,6	4	208,3	1,4	E
Dez.	33,3	21,0	80	100,7	79,0	4	208,2	1,4	E
Ano	32,2	21,1	84	2.469,5	93,8	132	195,6	1,4	NE

Temperatura máxima (TX); Temperatura mínima (Tm); Umidade relativa (UR); Chuva total (T); Chuva máxima em 24 horas em mm (M24h); Número de dias de chuva (N.D); Brilho solar (BS); Velocidade do vento (VV); Direção do vento (DV).

Ainda através da Tabela 1 pode-se verificar que a variação climática mensal em Igarapé-Açu, como acontece na Amazônia, está associada à distribuição das chuvas, elemento meteorológico de maior variação espacial na região e de maior repercussão na produtividade agrícola. Assim sendo, a discussão do ambiente climático apresentado inicia com o regime das chuvas. Os demais elementos meteorológicos, tais como: temperatura do ar, fotoperíodo e brilho solar, radiação solar, umidade atmosférica e vento de notada influência na produtividade de comunidades agrícolas, são considerados posteriormente.

## REGIME DAS CHUVAS

Durante o período estudado, o total de chuva anual variou entre 2.300 mm e 2.800mm. Na Fig. 1 observa-se a distribuição mensal das chuvas, onde se pode verificar que a maior pluviosidade ocorreu com maior freqüência entre os meses de março e abril, enquanto a menor entre os meses de setembro e outubro.

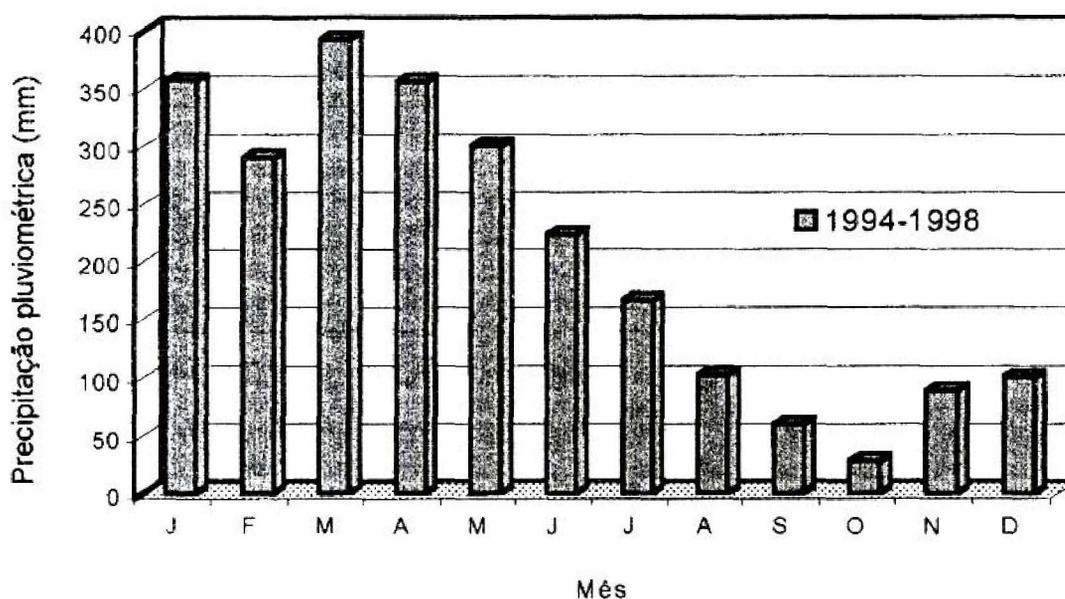


FIG. 1. Distribuição mensal de chuva em Igarapé-Açu, Pará. Período de 1994-1998.

## PERÍODOS DE CHUVA

A distribuição das chuvas durante o ano definiu a ocorrência dos quatro diferentes períodos de chuva abaixo relacionados, com suas principais características:

- Período chuvoso: Foi definido como período onde, em uma seqüência de meses, o total pluviométrico mensal é maior ou igual a evapotranspiração de referência, com ocorrência de excedentes hídricos. É resultante da atuação de vários mecanismos formadores de chuva no local de estudo, sendo os mais conhecidos a Zona de Convergência

Intertropical (ZCI), os sistemas frontais oriundos do sul do continente e a cobertura vegetal que atua como fonte de calor latente de evaporação. Esse período inicia, em geral, em dezembro ou janeiro, com duração bastante variável, atingindo, em média, sete meses.

- Período de estiagem: Acontece quando o montante mensal das chuvas está abaixo da evaporação sem, todavia, evidenciar deficiências hídricas. A duração média foi de um mês, ocorrendo com maior frequência em agosto.

- Período seco: Ocorre quando o total pluviométrico mensal está muito abaixo da evapotranspiração de referência, provocando deficiência hídrica. A duração média desse período foi de dois meses.

- Período de transição: Ocorre após o período seco, quando as chuvas começam a aumentar, todavia, o montante mensal, em geral, alcança nível pouco abaixo ou levemente acima da evaporação, sem causar excedente hídrico. Apresentou duração média de dois meses. Na Fig. 2, verifica-se a flutuação da duração dos períodos de chuva mencionados, durante os anos estudados, observando-se que nos anos considerados, o período chuvoso variou de cinco a sete meses e o período de estiagem entre um e três meses, enquanto o período seco, oscilou entre um e três meses e o de transição entre um e dois meses.

## TEMPERATURA DO AR

A flutuação da temperatura do ar na área de estudo é muito menos pronunciada que a flutuação da chuva, com as médias anuais oscilando em torno de 26°C. As temperaturas máximas e mínimas médias anuais situam-se entre 31°C e 33°C e 20°C e 22°C, respectivamente. Durante os meses verifica-se também, em geral, pouca variabilidade térmica, todavia, é possível dizer que o período de maior ocorrência das temperaturas mais altas durante o ano é observado entre os meses de setembro e dezembro (Fig. 3).

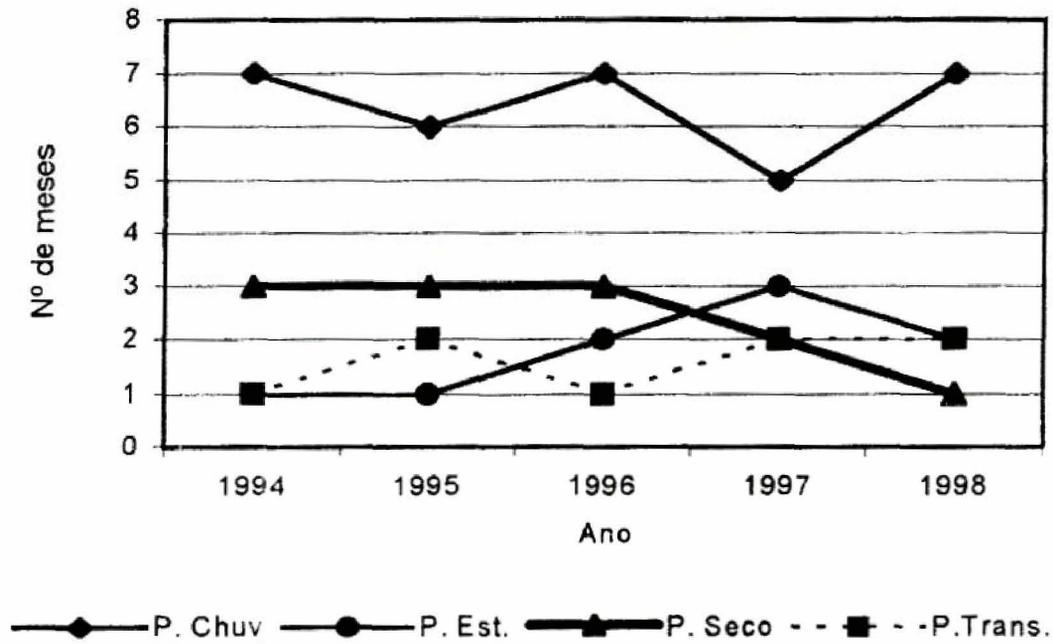


FIG. 2. Flutuação de períodos de chuva em Igarapé-Açu, PA. Período 1994-1998.

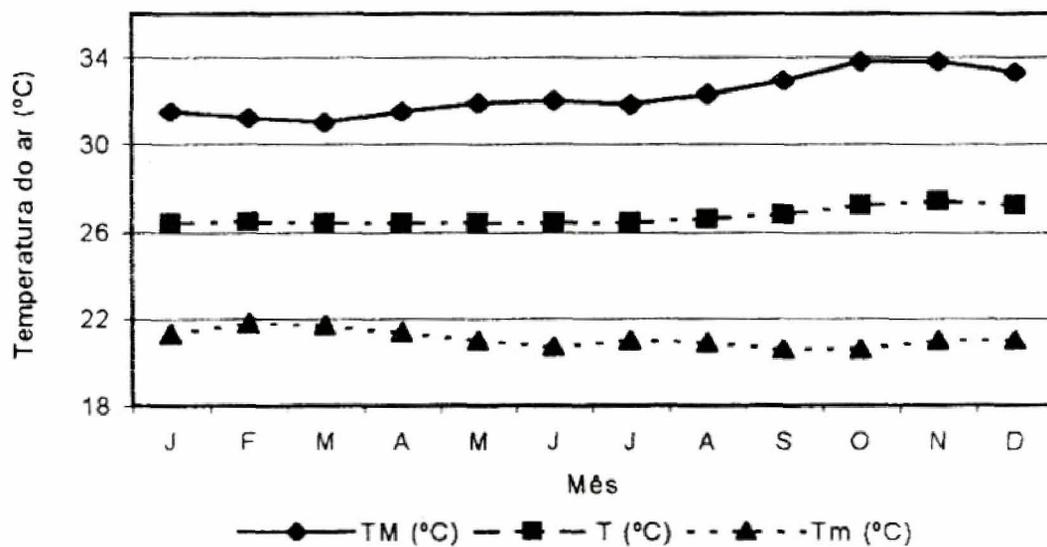


FIG. 3. Temperaturas máximas (TX), médias (T) e mínimas (Tm) mensais em Igarapé-Açu, PA. Período 1994-1998.

As temperaturas sempre elevadas na região são explicadas pela proximidade do equador e pela baixa altitude. As pequenas flutuações térmicas registradas estão associadas com o padrão das chuvas, visto que as temperaturas diárias menos acentuadas ocorrem por ocasião do período mais chuvoso, enquanto, as mais elevadas coincidem com o período menos chuvoso. No tocante às temperaturas noturnas, pode-se dizer que, em geral, as noites mais quentes ocorrem no período mais chuvoso, quando há maior incidência de nebulosidade. Por outro lado, as noites mais amenas ocorrem no período menos chuvoso, quando o céu se apresenta com pouca ou sem cobertura de nuvens. A variação diurna de temperatura, aqui representada pela diferença entre as temperaturas máximas e mínimas médias, oscila entre 9°C e 13°C.

## FOTOPERÍODO E BRILHO SOLAR

Dada à condição de baixa latitude de Igarapé-Açu, a duração do dia astronômico está em geral, em torno de doze horas. Esse período de luz é conhecido também como fotoperíodo ou tempo em que existe luz e corresponde ao número máximo possível de horas de brilho solar, se não existirem nuvens. Todavia, os dias apresentam considerável concentração de nuvens, principalmente, no período mais chuvoso do ano, reduzindo dessa forma o potencial de horas de brilho solar. Assim é que nos meses mais chuvosos (janeiro, março e abril), o total de horas de brilho solar esteve bem abaixo do total registrado nos três meses menos chuvosos (agosto, setembro e outubro).

## RADIAÇÃO SOLAR

A condição de baixa latitude da região faz com que a altura do sol seja sempre elevada às doze horas, com a menor altura sempre acima de  $60^\circ$ . Isto implica em potencial elevado de radiação solar incidente nos meses de maior altitude solar (fevereiro, março, abril, agosto, setembro e outubro). Todavia, como já mencionado, a considerável concentração de nuvens na época chuvosa reduz o potencial de brilho solar e, conseqüentemente, a radiação solar. Na Fig. 4 observa-se a distribuição mensal da insolação associada à radiação solar global em 1998.

## UMIDADE ATMOSFÉRICA

Localizada na região equatorial e sob condições de alta pluviosidade, pode-se dizer que Igarapé-Açu apresenta umidade relativa média anual oscilando entre 80% e 85%, com valores, mais elevados nos meses mais chuvosos do ano. No decorrer do dia, tomando-se por base o ano de 1997 e como esperado, a distribuição da umidade ocorreu de maneira inversa à distribuição da temperatura do ar. Durante a noite, quando a temperatura do ar apresentou-se menos elevada, a umidade ficou mais alta, alcançando valores acima de 90% a partir das 22 horas, estendendo-se até às 6 horas, resultando em déficit reduzido de saturação. Durante o dia, quando a temperatura se elevou, a umidade ficou reduzida, alcançando os menores valores (entre 50% e 60%), entre doze e quinze horas. Todavia, verificou-se condições de maior e menor concentração de umidade do ar, associadas às condições de chuva e brilho solar ou insolação, predominante no dia. Como exemplo, a Fig. 5 ilustra a distribuição média horária da umidade relacionada com a temperatura do ar em Igarapé-Açu, em dois dias climaticamente opostos: um dia chuvoso, com baixa razão de insolação e um dia sem chuva com alta razão de insolação. No primeiro caso, pode-se observar que, além da parte noturna, a umidade esteve ainda muito alta (acima de 90%) durante oito horas do dia, enquanto que no segundo caso, a umidade esteve baixa (em torno de 44%) durante seis horas do dia.

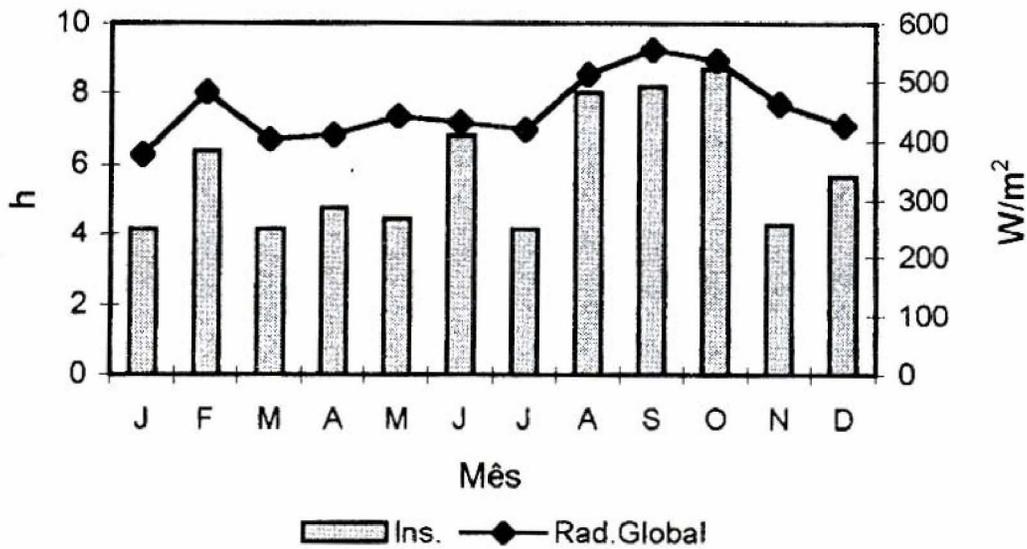


FIG. 4. Distribuição média mensal de brilho solar (INS) e radiação solar global (RG) em Igarapé Açu, PA.

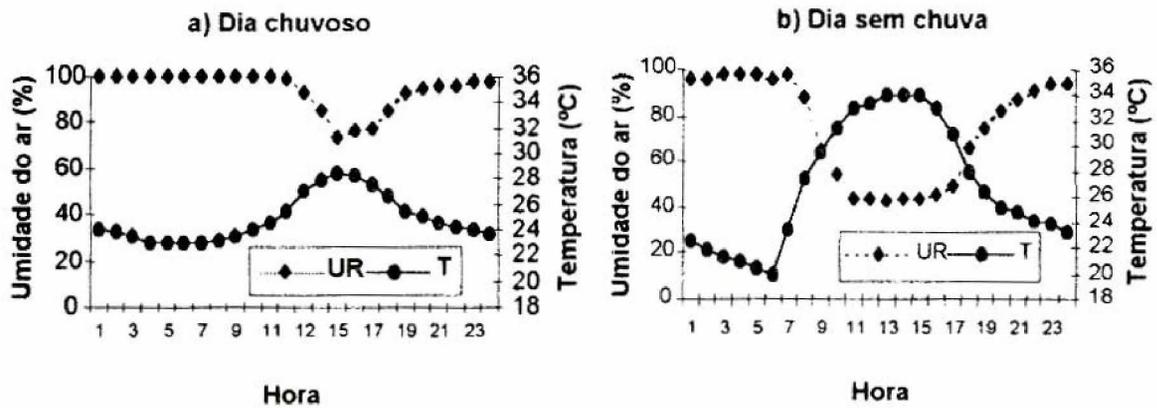


FIG. 5. Distribuição horária de temperatura e umidade do ar em Igarapé-Açu. a) dia chuvoso: total de chuva – 66,8mm, razão de insolação – 0,024; b) dia sem chuva: razão de insolação – 0,89.

## VENTO

Em geral, a velocidade do vento é relativamente baixa em Igarapé-Açu, tendo como direção predominante o quadrante nordeste. Considerando o ano 1995, verificou-se que a média anual da velocidade do vento, a dois metros acima da superfície do solo foi 1,4m/s, com pequena variação entre os meses, verificando-se porém, que a menor média (1,1m/s) ocorreu no mês de maior pluviosidade (maio: 408,6mm) enquanto que a maior média (1,7m/s) ocorreu no mês menos chuvoso (outubro: 1,3mm). Com relação à direção, verificou-se que a primeira e a segunda predominante foram, respectivamente, NE e E. Na Fig. 6, observa-se a variação da velocidade do vento a dois metros de altura, em dois dias climaticamente opostos (um dia chuvoso, com baixa razão de insolação e um dia sem chuva com alta razão de insolação), onde se pode verificar que no dia chuvoso a velocidade média foi bem menos elevada que no dia seco e que, nas duas situações, os valores mais baixos ocorrem durante a parte noturna. No período diurno, os valores mais altos de velocidade do vento ocorrem entre 9 e 16 horas.

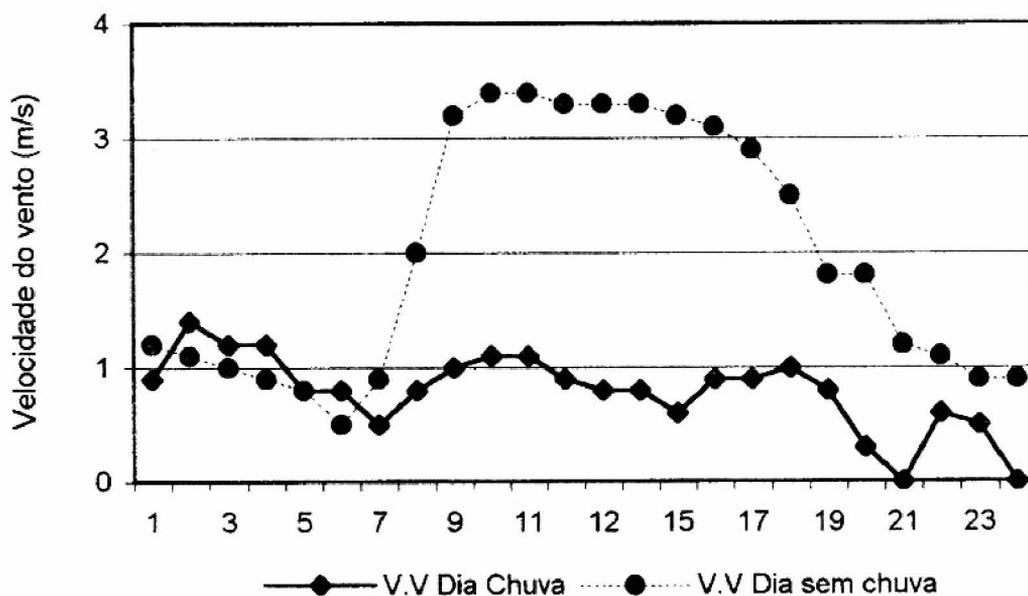


FIG. 6. Distribuição horária da velocidade do vento em Igarapé-Açu. a) dia chuvoso: total de chuva – 75,8mm, razão de insolação – 0,0; b) dia sem chuva: razão de insolação – 0,82.

## CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS

De maneira geral, pode-se dizer, que o ambiente climático, durante o período de tempo analisado, foi favorável ao desenvolvimento das culturas de feijão, milho, arroz e mandioca no município de Igarapé-Açu, e que os elementos climáticos que se mostraram decisivos para a produtividade destas culturas foram os relacionados com os fatores térmico e hídrico. Na Tabela 2 verificam-se os índices que definiram as exigências climáticas das referidas culturas para as condições de Igarapé-Açu, Os resultados dos balanços hídricos são apresentados a seguir.

TABELA 2. Exigências biofísicas de culturas anuais para o município de Igarapé-Açu.

	Feijão	Milho	Arroz	Mandioca
Ciclo da cultura (duração em dias)	90	100-120	90-120	365
Fases Vegetativa (duração em dias) e Kc				
Estádio I	10; 0,3	10; 0,3	10, 1	30; 0,5
Estádio II	50; 0,7	70; 0,7	70; 0,9	180; 0,85
Estádio III	20; 1,0	30; 1,05	30; 1,0	155; 1,01
Estádio IV	10; 0,6	10, 0,6	10; 0,9	
Exigencia térmica (Temp. média °C)	20-27	20-30	22-30	20-27
Sensibilidade climática específica	Temperatura > 30°C Chuvvas excessivas Seca na floração	Temperatura noturna > 20°C Chuvvas excessivas Seca na floração e frutificação	Temperatura noturna > 20°C Seca na floração e frutificação	Chuvvas excessivas e secas por ocasião da maturação
Necessidade hídrica (mm/per. veget)	300	500-800	350-700	1500
Exigência de solo	Profundo, Bem drenado, PH = 5-6	Profundo, Bem drenado, PH = 5-6	Solos pesados, PH = 5,5-6,0	Profundo, Bem drenado

## BALANÇO HÍDRICO

Considerando-se que na região a precipitação pluviométrica é o elemento meteorológico que apresenta maior efeito na produção agrícola, visto que, na ausência da irrigação é o elemento determinante da disponibilidade de água no solo para uso das plantas e que essa influência é bem visualizada no contexto da evapotranspiração e balanço hídrico, a seguir é apresentado um resumo desses resultados.

Como era esperado, a energia recebida proporcionou, em termos anuais, uma demanda evaporativa menor que a chuva. A variação da evapotranspiração e das chuvas produziram excessos e deficiências de água para as culturas em determinados períodos, conforme explicado a seguir. Em termos médios, pode-se dizer que de janeiro a julho, o total de chuva (2.087 mm) excedeu a evapotranspiração de referência (929mm) em todos os meses, proporcionando excedente hídrico (1040mm). De agosto a dezembro, o total de chuva (382mm) foi menor que a evapotranspiração (736mm), resultando em deficiência hídrica (236mm). Nas Figs. 7 e 8 observam-se dois aspectos do balanço hídrico mensal que ilustram, respectivamente, a época da ocorrência dos excessos e dos déficits de água, bem como a variação mensal do armazenamento de água no solo. No primeiro caso, pode-se visualizar a seguinte situação: março e abril foram os meses que assinalaram os maiores excedentes hídricos, enquanto os meses de outubro e novembro assinalaram os maiores déficits. No segundo caso verifica-se que houve água de fácil aproveitamento no solo, para as culturas em geral, de janeiro a julho. A partir de julho, o armazenamento de água no solo vai sendo reduzido, gradativamente, até alcançar o valor mínimo em dezembro.

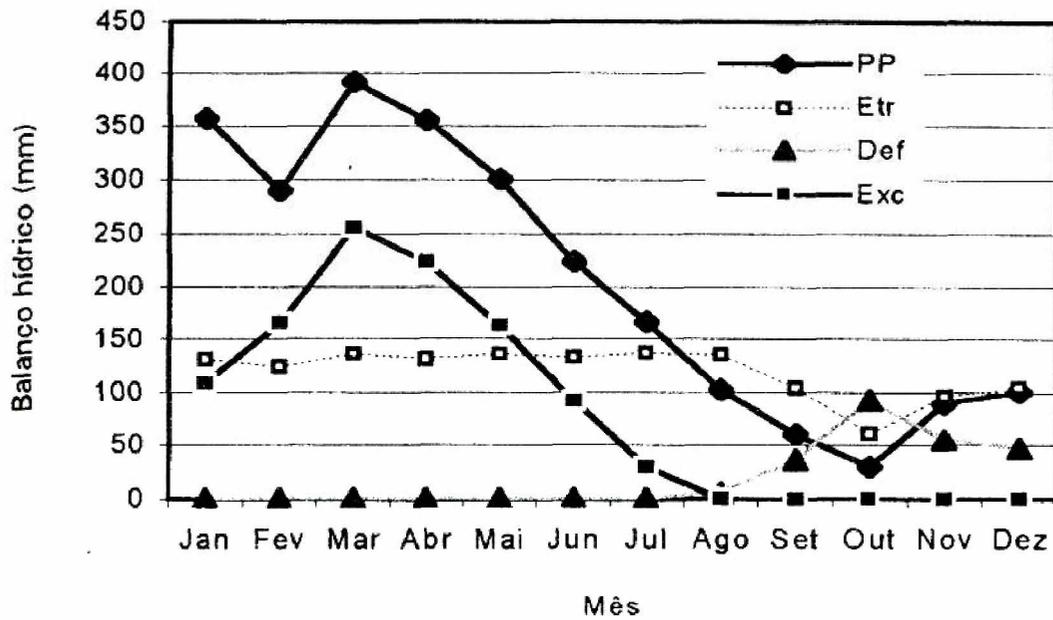


FIG. 7. Balanço hídrico mensal, considerando retenção de água no solo de 125mm, em Igarapé-Açu. Período 1994-1998. PP (chuva mensal); Etr. (evapotranspiração de referência); Def. (deficiência de água); Exc. (excedente de água).

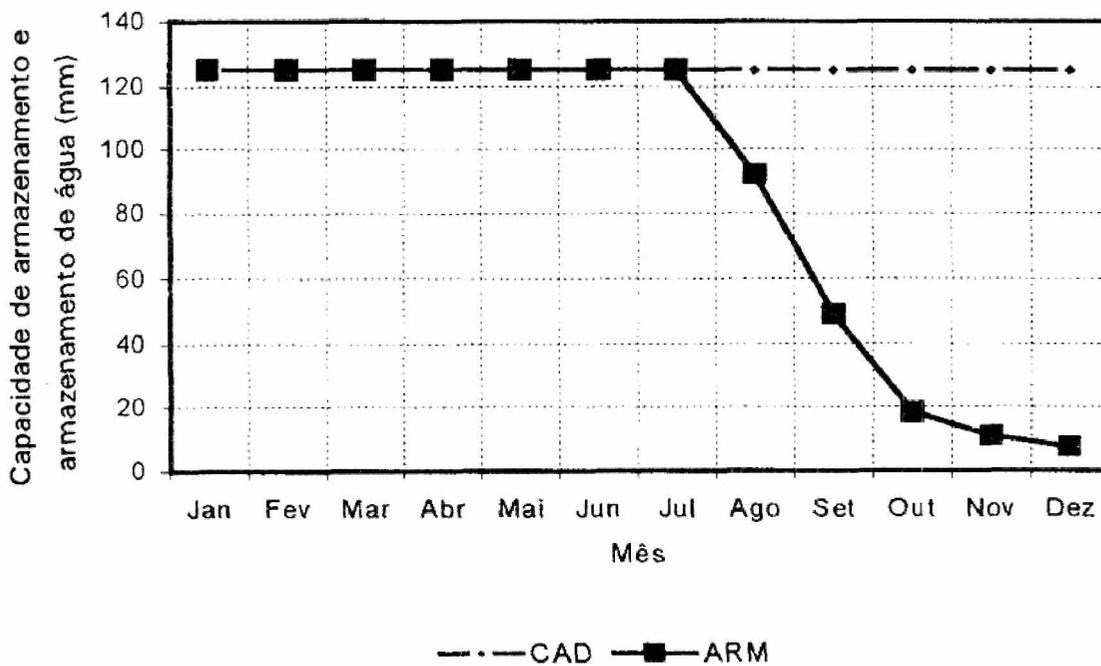


FIG. 8. Variação do armazenamento de água no solo (ARM), considerando retenção de água no solo de 125mm (CAD), em Igarapé-Açu. PA. Período 1994-1998.

Nas Figs. 9, 10, 11 e 12, verifica-se a relação da chuva diária com a evapotranspiração máxima das culturas para os anos 1997 e 1998, que foram os anos de menor e maior totais pluviométricos durante o período de tempo analisado. Em ambos os casos, de janeiro até julho, houve predominância de totais de chuva mais elevados que a necessidade máxima de água das culturas (EtC), tendo tal situação em 1998 se estendido até o mês de setembro. Neste período, a frequência diária das chuvas foi acentuadamente maior do que a demanda evaporativa das culturas, ocorrendo o oposto no restante dos meses. Tal condição mostrou que para as culturas do feijão, milho e arroz, a época mais recomendável para os plantios, no tocante à disponibilidade de água, ocorreu entre janeiro e junho e para a mandioca, entre abril e junho.

## **CONCLUSÃO**

O ambiente climático durante o período de tempo analisado é favorável ao bom desenvolvimento das culturas do feijão, milho arroz e mandioca no município de Igarapé-Açu, visualizando-se, porém, a seguinte situação: sob condições sem irrigação, de janeiro até julho, as condições são mais favoráveis ao desenvolvimento das culturas, em consequência do elevado número de dias efetivos de chuva e da ausência de veranicos (ocorrência de mais de dez dias contínuos sem chuva efetiva) proporcionando, conforme demonstrado, água facilmente disponível no solo para as culturas. Nessas condições, para as culturas do feijão, milho e arroz, a época mais recomendável para os plantios, no tocante à disponibilidade de água, é entre janeiro e junho e para a mandioca, entre abril e junho. A situação de excedente de água registrado entre janeiro e maio exige, para bom desempenho do suprimento de água para as plantas em geral, controle de drenagem nos solos. Durante este período, registraram-se os maiores totais de chuva anual em vinte 24 horas que variam entre 53mm e 94mm.

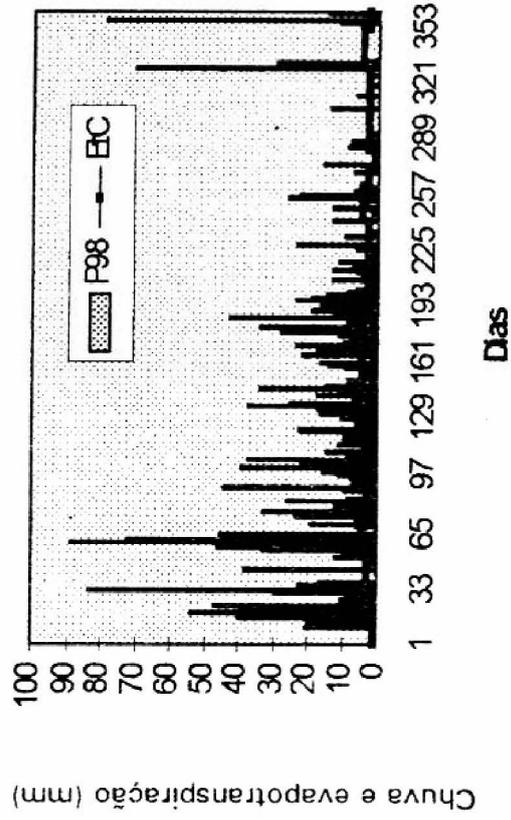
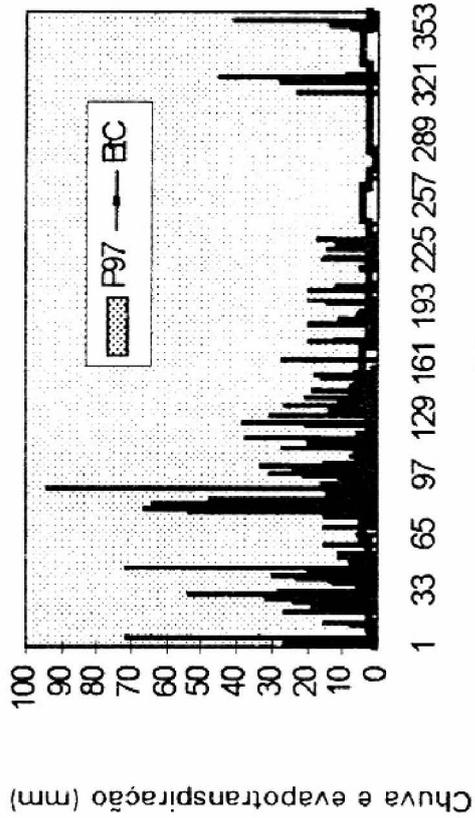


FIG. 9. Relação da chuva diária em 1997 (P97) e 1998 (P98) com a evapotranspiração máxima da cultura do feijão (EtC) em Igarapé-Açu.

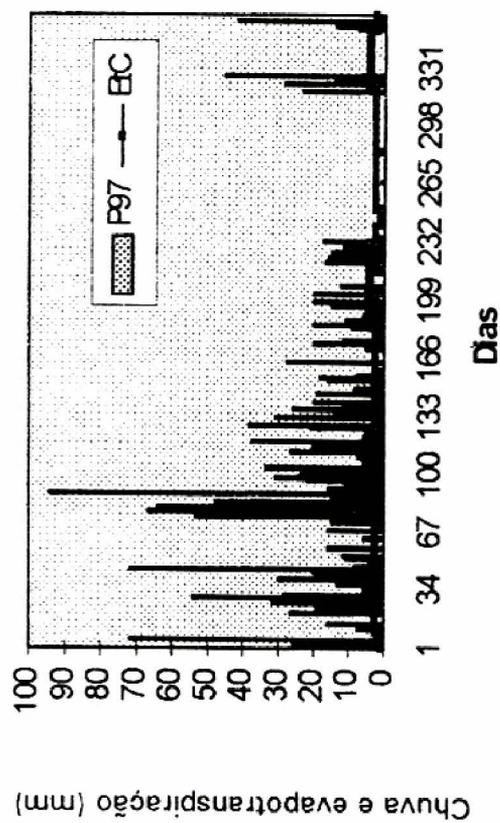
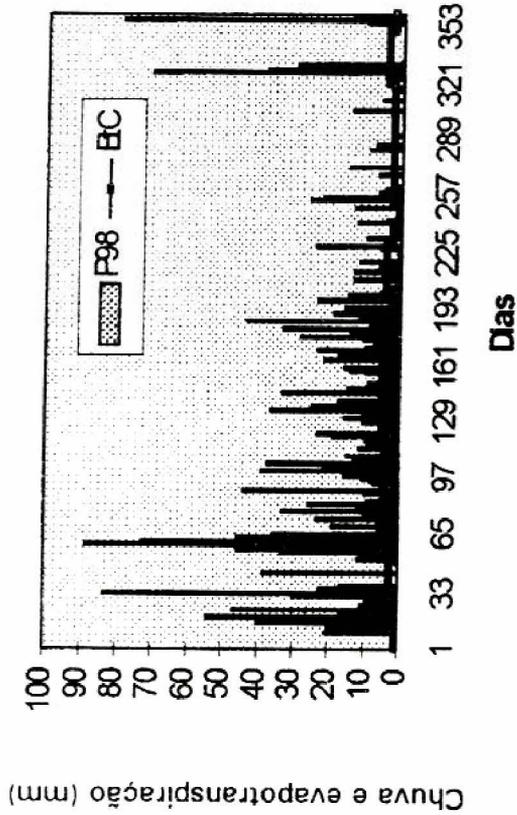


FIG. 10. Relação da chuva diária em 1997 (P97) e 1998 (P98) com a evapotranspiração máxima da cultura do milho (EtC) em Igarapé-Açu.

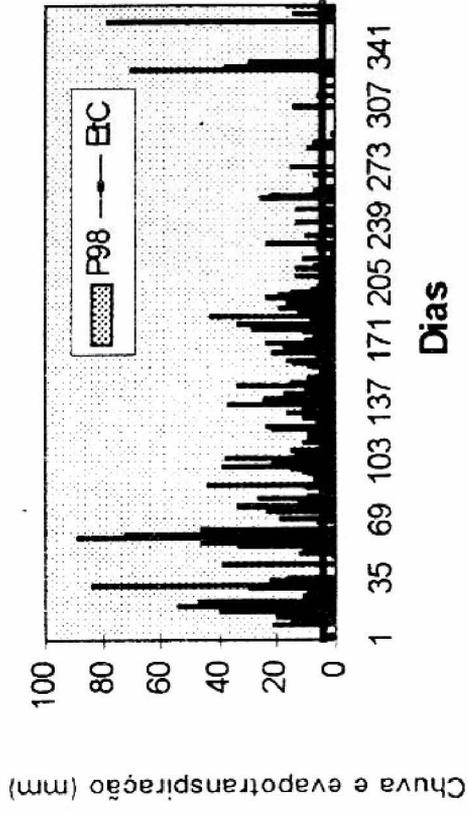
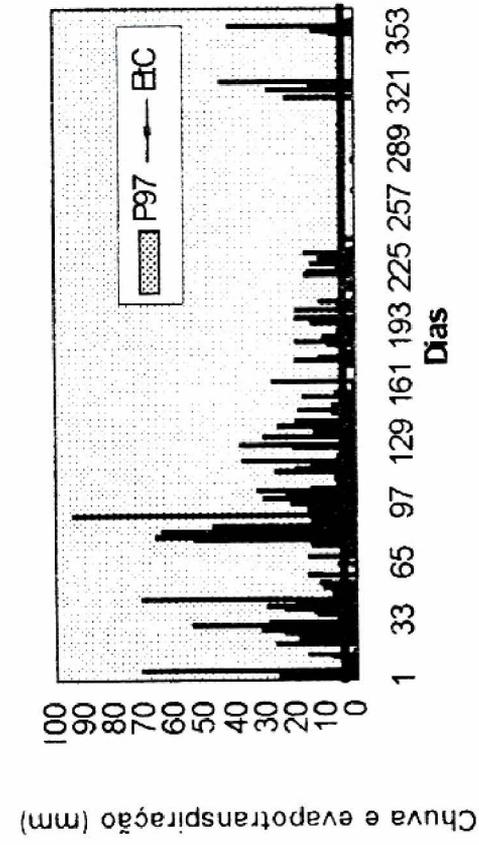


FIG. 11. Relação da chuva diária em 1997 (P97) e 1998 (P98) com a evapotranspiração máxima da cultura do arroz (EtC) em Igarapé-Açu.

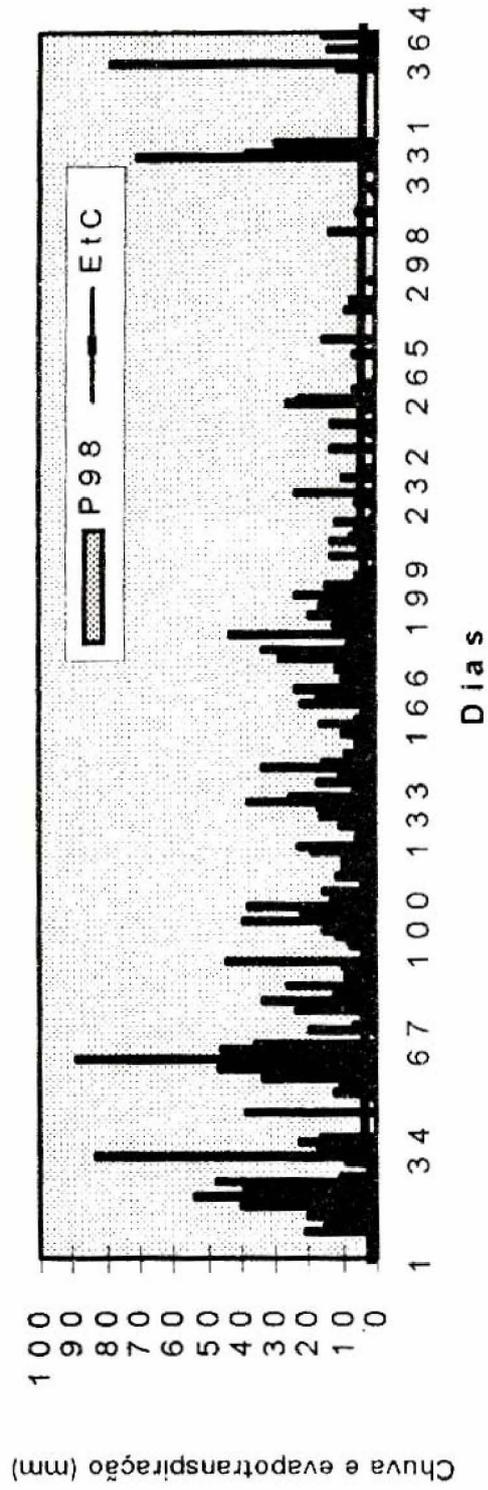
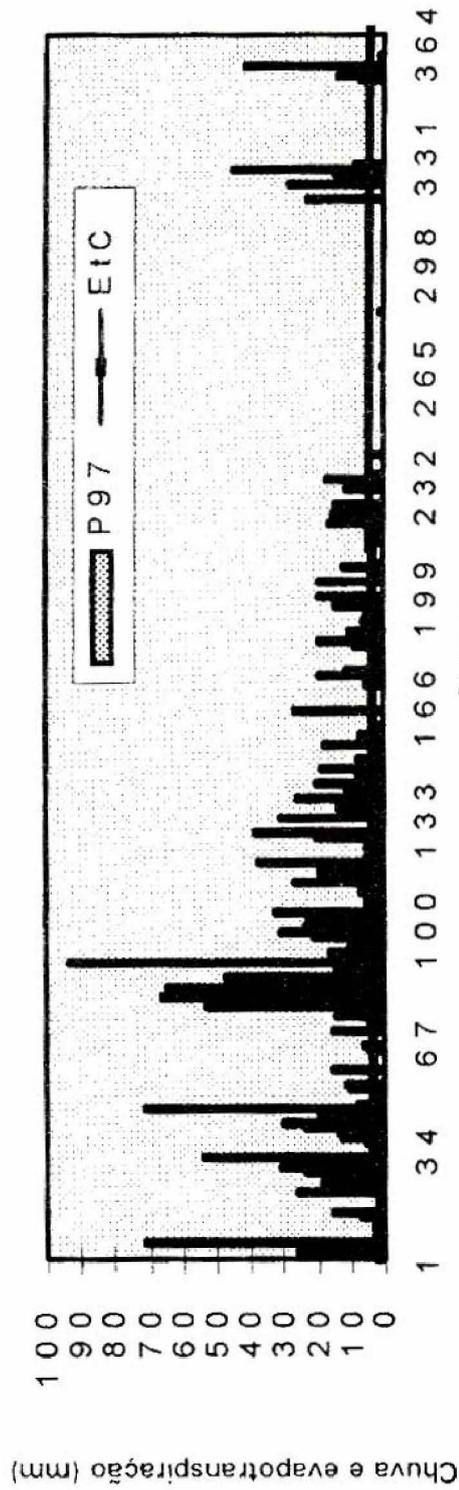


FIG. 12. Relação da chuva diária em 1997 (P97) e 1998 (P98) com a evapotranspiração máxima da cultura da mandioca (Etc) em Igarapé-Açu.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS, T.X. **Delineating agroclimatic zones for deforested areas in Pará State - Brazil**. Honolulu: University of Hawaii at Manoa, 1990. 170p.
- BASTOS, T.X.; DINIZ, T.D.A.S. **Microclima ribeirinho um controle do *Microcyclus ulei* em seringueira**. Belém: EMBRAPA-CPATU. 1980. 11p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 013).
- CHANG, JEN-HU. **Climate and agriculture**. Chicago: Aldine Publishing Company. 1974. 303p.
- DENICH, M.; KANASHIRO, M; VLEK, P.L.G.; FOLSTER, H. Importance, use and management of secondary vegetation in the Eastern Amazon region. In II Workshop Studies on Human Impact on Forest and Floodplains in the Tropics. SHIFT, CNPq. IBAMA, DLR. CUIABÁ, 1995.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 194p. (Riego y Drenage, 24).
- DOORENBOS, J. KASSAM, A.H. **Yield response to Water**. Rome : FAO, 1979. 193p. (Irrigation and Drainage paper, 33).
- GUYOT, G. **Climatologie de l'environnement**. Paris: MASSON, 1997.505p.
- HERRERA, O.M.; CURRY LUNARDI, D.M.; LAPERUTA FILHO, J.; JESUS, W.R. predominância e curso de velocidade do vento na região de Botucatu-SP. In CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.445.

- OLDEMAN, L.R; FRÉRE, M. A Study of the agroclimatology of the humid tropics of Southeast Asia. Rome: FAO, 1982. 229p.
- ORTOLANI, A.A. Agroclimatologia e o cultivo da seringueira. SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SERINGUEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., 1986, Piracicaba, Campinas: Fundação Cargill. 1986. p.11-32.
- PASCALE, A.J. Tipos agroclimáticos para o cultivo da soja em la Argentina. **Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires**, Argentina, v.17, n.3, p.31-48,1969.
- RIEDER, A. **Influências das condições hídricas sobre comportamento da soja. Glicine L. Merrill.** Cuibá: EMATER, 1985. 15P. (EMATER. Informações Técnicas, 2).
- VOLPE, C.A.; ANDRE, R.G.B. Velocidade e direção do vento de algumas localidades produtoras de citros do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Agrometeorologia, monitoramento ambiental e agricultura sustentável: anais.** Piracicaba: SBA/USP/ESALQ, 1997. 759p.