

Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará.

Bergson Cavalcanti de MORAES¹; José Maria Nogueira da COSTA²; Antonio Carlos Lôla da COSTA³; Marcos Heil COSTA²

RESUMO

Estudos sobre a climatologia das precipitações no Estado do Pará são essenciais para o planejamento das atividades agrícolas. A variação da precipitação anual e sazonal no Estado do Pará foi analisada com base em séries históricas de 23 anos (1976-1998) de dados diários de chuva. A análise foi realizada para 31 localidades do Estado do Pará, sendo os resultados representados em mapas com a utilização de técnicas de sistemas de informações geográficas (SIG). A variabilidade da precipitação anual e sazonal foi caracterizada com base no coeficiente de variação e no índice de variabilidade interanual relativo. A variação desses coeficientes para a precipitação anual no Estado do Pará foi de 15 a 30%. As características mensais da estação chuvosa, em termos de início, fim e duração, foram determinadas utilizando-se o critério proposto por KASSAM (1979). A variação entre as datas de plantio precoces e tardias corresponderam aos decêndios identificados pelos dias julianos 309–319 e 353–363, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE

Variação espacial da precipitação no Pará, variação temporal da precipitação no Pará, variação espacial das datas de plantio no Pará.

Spatial and temporal variation of precipitation in the State of Pará

ABSTRACT

Studies about the climatology of precipitation in the State of Pará are essential for the planning of agricultural activities. The variation of annual and seasonal precipitation in Pará was analysed based on a historic series of 23 years (1976 – 1998) of daily rainfall data. The analysis was made for 31 locations in Pará, using geographic information systems techniques, with the results presented in maps. The variability of annual and seasonal precipitation was characterized based on the coefficient of variation and the index of relative interannual variability. The variation of these coefficients for the annual precipitation in Pará was 15 to 30 %. The monthly characteristics of the wet season, in terms of beginning, end and duration, were determined using a criteria proposed by KASSAM (1979). The variation between early planting dates and late planting dates were identified by the periods of julian days of 309 – 319 and 353 – 363, respectively.

KEYWORDS

Spatial variation of precipitation in Pará, temporal variation of precipitation in Pará, spatial variation of planting dates in Pará.

¹ Meteorologista, M.Sc., Universidade Estadual do Maranhão, Caixa Postal 09, São Luis, Maranhão.

² Eng. Agr., PhD., Universidade Federal de Viçosa, Dep. de Eng. Agr., 36571-000, Viçosa, MG.

³ Meteorologista, D.S., Universidade Federal do Pará, Dep. de Meteorologia, Belém, Pará.

INTRODUÇÃO

A precipitação é amplamente reconhecida por muitos pesquisadores como a variável climatológica mais importante na região tropical. Segundo a Sagri (1996), a irregularidade na distribuição seqüencial das precipitações pluviais tem sido um dos fatores limitantes ao maior desenvolvimento e à estabilização da produção agrícola no Estado do Pará. No período chuvoso, as chuvas se caracterizam pela forte intensidade, enquanto que no período menos chuvoso, são freqüentes as estiagens de duração variável, elevando o risco da exploração agrícola.

A agricultura paraense destaca-se pela produção das culturas de arroz, feijão, milho e mandioca. Segundo o Censo Agropecuário do IBGE (1998), as propriedades agrícolas de até 100 ha, que correspondem a 20% da área do Estado, são responsáveis por 88% da produção estadual de mandioca, 73% do feijão, 67% do milho, 54% do arroz, 69% da banana, 71% da laranja, 46% do café e 41% do cacau.

Segundo Molion (1987), a produção agrícola na Região amazônica é controlada principalmente pela quantidade e distribuição de chuva. As características do regime de chuva também afetam as variações na temperatura e umidade do ar, nebulosidade e quantidade de radiação incidente à superfície. Para a prática da agricultura familiar, muito comum no Estado do Pará, dependente basicamente do regime de precipitação, seria muito importante o conhecimento, não apenas da quantidade do total de chuva, mas também da sua variabilidade e das probabilidades de ocorrência de precipitação para fins de planejamento das atividades agrícolas.

A maioria dos estudos sobre a precipitação na Bacia Amazônica é baseada em dados pluviométricos mensais e anuais, principalmente de localidades do Estado do Amazonas. Vários enfoques têm sido utilizados nesses estudos na análise de variabilidade temporal e espacial da precipitação na Bacia Amazônica.

Constatou-se uma grande carência de estudos sobre as características do regime de chuva na Bacia Amazônica, relacionados com as datas de início e fim da estação chuvosa, e com a variação de períodos secos e chuvosos na estação de crescimento. Estas informações são muito úteis no planejamento de várias atividades agrônômicas, tais como a definição da data de plantio e colheita e estabelecimento de um calendário agrícola, podendo contribuir para reduzir os riscos de déficit de água para cultura durante o ciclo fenológico.

Um dos poucos trabalhos sobre o início e fim da estação chuvosa na Bacia Amazônica foi realizado por Marengo et al. (2001). Eles utilizaram o critério proposto por Sugahara (1991), que se baseia na chuva acumulada em cada pântada, (período de cinco dias). O início da estação chuvosa com base nesse critério acontece na primeira ocorrência de 10 mm em uma pântada desde que a precipitação nas três pântadas seguintes não seja inferior a 15 mm/pântada. O fim da estação chuvosa ocorreria na pântada, a partir da qual a precipitação nas três pântadas seguintes seja inferior a 15 mm/pântada, seguida de uma pântada com precipitação menor que 10 mm. Segundo MARENGO et al. (2001), a maior variação na data de início da

estação chuvosa ocorre na Amazônia Central. A data de início da estação chuvosa é mais precoce no sudeste da Amazônia e mais tardia próxima à foz do Rio Amazonas.

Kassam (1979) propôs um critério para a definição da estação de crescimento nos trópicos, baseado em médias mensais de precipitação e da evapotranspiração potencial. O início da estação de crescimento de uma determinada localidade é definido como a primeira data em que a precipitação normal (P) é igual ou maior que metade da evapotranspiração potencial. O fim da estação de crescimento ocorre quando a precipitação normal torna-se menor que a metade da evapotranspiração potencial, acrescido do número de dias necessários para evapotranspirar 100 mm de água armazenada no solo.

Stern e Coe (1982) propuseram um critério para definição do início da estação chuvosa com base em dados diários de chuva. O início da estação chuvosa, que também corresponde à data mais antecipada de plantio, seria a primeira data em que ocorrer 20 mm de chuva em um ou dois dias, desde que não ocorra um período seco de sete ou mais dias, a partir da data potencial de início da estação chuvosa estabelecida, no período de um mês. Este critério foi adotado com sucesso por Oliveira et al. (2000) na estimativa de épocas de semeadura para cultivares de arroz no Estado de Minas Gerais. O fim da estação chuvosa, com base nesse critério, corresponderia à primeira ocorrência de um longo período seco a partir de uma data pré-estabelecida. Outra forma alternativa de definição do fim da estação chuvosa consiste na primeira data em que o balanço diário de água no solo atinge o valor zero.

Outro critério de definição do início da estação chuvosa foi desenvolvido por Kousky (1988) baseado em medições de radiação de onda longa emitida por satélite (OLR). Horel et al. (1989) utilizando medições de radiação de onda longa emitida constataram variações interanuais superiores a um mês, tanto no início quanto no fim da estação chuvosa da Bacia Amazônica. Diante do contexto apresentado o presente trabalho pretende atingir os seguintes objetivos:

- 1) Analisar a variação espacial da precipitação média anual e sazonal do Estado do Pará;
- 2) Analisar a variação espacial da estação chuvosa no Estado do Pará;
- 3) Analisar a variação espacial das datas de plantio nos meses da estação chuvosa no Estado do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização climatológica do Estado do Pará.

As normais climatológicas publicadas pelo INMET (1992), referentes ao período de 1961 a 1990, são disponíveis para 15 localidades do Estado do Pará. Apesar do número reduzido de localidades e do período mensal de apresentação dos dados, que restringe a sua utilização na agricultura, as normais permitem comparações de características climáticas entre as localidades.

A precipitação média anual das 15 localidades listadas nas normais climatológicas é de 2214 mm, com uma variação de 1678 mm em Monte Alegre, região central do Estado, a 3216 mm em Soure, na Ilha do Marajó, ao norte do Estado. O trimestre mais chuvoso, na maioria dessas localidades, é o de fevereiro a abril que corresponde a 44% da precipitação anual, com uma variação de 30% em Tiriós a 54% em Soure. Na maioria dessas localidades, março é o mês mais chuvoso, enquanto setembro é o mês menos chuvoso. O percentual médio de precipitação no trimestre menos chuvoso (agosto, setembro e outubro) em relação ao total de precipitação anual foi de 9%, com uma variação de 5% em Soure a 15% em São Félix do Xingu.

De acordo com o INMET (1992), a temperatura do ar no Estado do Pará apresenta pequena variação sazonal, com temperaturas médias acima de 25°C em todos os meses do ano. A temperatura média anual das 15 localidades mencionadas anteriormente é de 26°C. As menores temperaturas médias do ar ocorrem em fevereiro, um mês típico da estação chuvosa com elevada nebulosidade. As temperaturas médias do ar mais elevadas ocorreram no mês de outubro, que representa a transição entre o fim do período menos chuvoso e o início do período mais chuvoso. A temperatura máxima do ar aumenta continuamente de fevereiro a outubro, decrescendo em novembro devido ao aumento da nebulosidade e início da estação chuvosa propriamente dita. A umidade relativa é elevada, com valores acima de 80% em todos os meses do ano. Os valores mais elevados de umidade relativa ocorrem no trimestre mais chuvoso, aproximadamente 89%, em consequência das temperaturas menores nesse período. A duração média de horas de brilho solar apresenta uma variação sazonal bem definida, com valores máximos em julho (menos nebulosidade) e valores mínimos em fevereiro (maior nebulosidade). A duração média de brilho solar variou de 3,8 h em fevereiro a 7,5 h em julho.

Os totais anuais da evapotranspiração potencial, deficiência hídrica e excesso hídrico, determinados a partir do balanço hídrico climático mensal, mostrou que a evapotranspiração potencial anual apresentou pequena variação espacial no Estado do Pará, tendo variado de 1363 mm (São Félix do Xingu) a 1822 mm (Soure), com um valor médio de 1538 mm para todas as localidades. Embora tenha apresentado pequena variação sazonal, a evapotranspiração potencial é maior durante os meses da estação seca, resultando em deficiência hídrica. A deficiência hídrica no Estado do Pará ocorre geralmente nos meses de agosto a novembro, embora o valor médio desses meses seja inferior a 60 mm. A deficiência hídrica anual variou de 8 mm (Belém) a 467 mm (Monte Alegre), com um valor médio entre todas as localidades de 274 mm. A ocorrência de excedentes hídricos durante os meses de janeiro a maio é bem caracterizada. O excedente hídrico anual variou de 506 mm (Itaituba) a 1796 mm (Soure), com um valor médio de 983 mm.

Base de dados

Foram utilizadas séries históricas com 23 anos de dados diários de 31 localidades, fornecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) ilustradas na Figura 1.

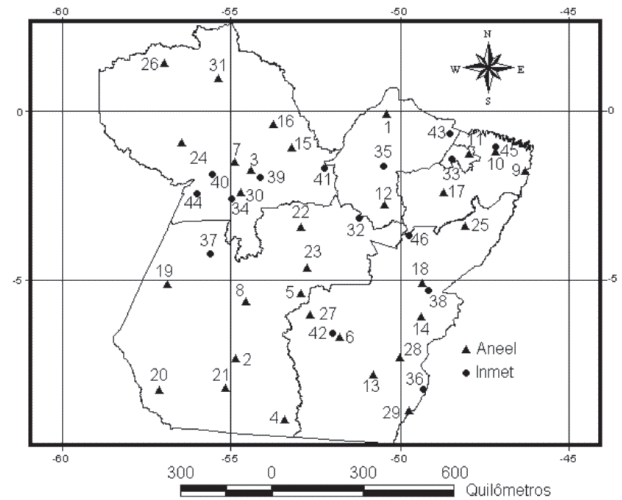


Figura 1 - Localização geográfica das Estações Climatológicas do INMET e das estações pluviométricas da ANEEL utilizadas no trabalho

Também foram utilizadas as normais climatológicas publicadas pelo INMET (1992), referente a 15 estações climatológicas identificadas na Figura 1, pertencente a rede do Instituto Nacional de Meteorologia. Esses dados foram utilizados na determinação da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith, conforme recomendados por Jensen et al. (1990) de acordo com a Equação 1. Esse método foi o que apresentou resultados mais satisfatórios, conforme estudo comparativo realizado pela FAO em diversas condições climáticas. As estimativas da evapotranspiração foram utilizadas juntamente com as normais de precipitação para a determinação do início e fim da estação chuvosa pelo método proposto por Kassam (1979).

$$ET_o = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma^*} \frac{900}{T + 275} U_2 (e^o - e)$$

Eq. 1

Em que,

ET_o é a evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹)

R_n é o saldo de radiação à superfície (MJ.m⁻².dia⁻¹)

G é o fluxo de calor no solo (MJ.m⁻².dia⁻¹)

Temperatura do ar (°C)

U_2 é a velocidade do vento à 2 m de altura (m.s⁻¹)

$e^o - e$ é o déficit de pressão de vapor (kPa.°C⁻¹)

Δ é a declividade da curva de pressão de saturação de vapor com a temperatura

do ar (kPa.°C⁻¹)

λ é o calor latente de evaporação (MJ.kg⁻¹)

γ^* é o coeficiente psicrométrico modificado pela razão entre a resistência do dossel à transferência de vapor e a resistência aerodinâmica (KPa.°C⁻¹)

γ é o coeficiente psicrométrico (kPa.°C⁻¹)

Os dados diários de precipitação foram utilizados para a caracterização pluviométrica, enquanto que os dados das normais climatológicas foram aplicados no cálculo da evapotranspiração, utilizados na determinação de início, fim e duração da estação chuvosa.

O controle de qualidade que foi aplicado às séries de dados pluviométricos diários consistiu na determinação de valores médios e de valores extremos de precipitação diária com o objetivo de se identificar valores críticos. Ao se identificar um valor absurdo, comparou-se o referido valor em relação aos valores observados neste dia, para localidades próximas, e em dias anteriores e posteriores, para o mesmo local. As normais climatológicas, disponíveis para as localidades estudadas, também serviram de referência na identificação desses erros.

Os dados anuais e mensais de precipitação foram testados para várias distribuições de frequências. A distribuição normal foi a que se ajustou melhor à maioria dos dados. O índice de variabilidade interanual de precipitação (V_a) foi calculado pela Equação 2, e o índice de variabilidade interanual relativo de precipitação (V_r) foi calculado pela Equação 3:

$$V_a = \sum_{i=1}^n |P_m - P_i| \quad \text{Eq. 2}$$

Em que:

- P_m é a precipitação média anual
- P_i é a precipitação anual de anos individuais
- n é o número de anos da série de dados

$$V_r = \frac{100V_a}{P_m} \quad \text{Eq. 3}$$

DETERMINAÇÃO DO INÍCIO, E FIM E DURAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA

O início e fim da estação chuvosa foi determinado com base no critério proposto por Kassam (1979), conforme as Equações 4 e 5.

$$P_i > \frac{ETP_i}{2} = I \quad \text{Eq. 4}$$

$$P_i < \frac{ETP_i}{2} = F \quad \text{Eq. 5}$$

Em que:

- P_i é a Precipitação do mês i ;
- ETP_i é a Evapotranspiração potencial referente ao mês i ;
- I é o Início da estação chuvosa e de crescimento.
- F é o Fim da estação chuvosa

O critério utilizado na determinação da data de plantio consistiu na data, a partir do dia juliano 306 (01 de novembro), em que ocorre 20 mm ou mais de chuva, em um ou dois dias consecutivos, desde que não ocorra um período seco de 10 dias ou mais nos 30 dias seguintes.

A avaliação dos períodos secos durante a estação chuvosa consistiu na identificação da maior seqüência de dias secos em cada mês da estação chuvosa de cada localidade para toda a série de dados pluviométricos. Os resultados foram expressos em mediana.

Para a obtenção dos mapas temáticos, foi digitalizado o mapa geográfico do Estado do Pará, na escala de 1:1.000.000, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (1999). Em seguida, foi utilizado o módulo computacional extensão "Spatial Analyst", versão 1.1, contido no "software Arc View 3.1". Por meio da rotina "Surface-Interpolate Grid", efetuou-se a interpolação dos valores pontuais georeferenciados de precipitação e evapotranspiração potencial, distribuídos sobre o mapa geográfico digitalizado em questão, utilizando-se o método do inverso do quadrado da distância (IDW).

Para a avaliação dos períodos secos durante a estação de crescimento, foram gerados mapas mensais, de precipitação e de evapotranspiração. Através da rotina "map calculator" foi inserida as equações propostas por Kassam (1979), para determinação da estação de crescimento. Em seguida, foram obtidos os mapas de início, duração e fim das estações de crescimento. Para gerar os mapas do início da estação chuvosa, foi utilizado o procedimento de sobreposição de mapas, no software Arc View. O mês em que iniciava a estação chuvosa foi selecionado e sobreposto ao mês seguinte e assim por diante, até o mês em que terminava tal estação, obtendo com isso um único mapa com todas as áreas distintas para o início da estação e, seus respectivos meses. Esse procedimento também foi adotado para a obtenção do fim da estação de chuvosa. A duração da estação chuvosa foi obtida pela subtração dos mapas de início e fim da estação chuvosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variação temporal e espacial da precipitação no Estado do Pará

Precipitação média anual

A distribuição da precipitação média anual no Estado do Pará, baseado em 23 anos de totais anuais de precipitação das 31 localidades estudadas, está ilustrada na Figura 2. A identificação dessas estações é apresentada nas Tabela 1 e 2. As estações climatológicas do INMET, cujos dados disponíveis eram apenas as normais climatológicas referentes ao período de 1960-1990, estão identificadas na Tabela 2. As maiores precipitações anuais ocorrem na porção norte do Estado do Pará, enquanto que à Sudeste ocorrem os menores totais de

precipitação anual. A precipitação média anual variou de 1349 mm em Rio Maria no Sudeste do Estado, a 3330 mm na Fazenda Bela Vista (município de Almeirim) no Norte do Estado, enquanto a mediana das precipitações anuais para as respectivas localidades variou de 1308 mm a 3461 mm.

As áreas com totais pluviométricos anuais entre 2400 e 3330 mm correspondem a aproximadamente 10% da área do estado e situam-se predominantemente na faixa litorânea paraense, com penetrações para o continente, no eixo Belém-Tailândia, e também a nordeste da Ilha do Marajó.

Cerca de 50% da área total do estado apresenta precipitação anual compreendida entre 1900 e 2400 mm. Esta área situa-se ao Sul e a Sudoeste do Pará incluindo uma porção ao norte e nordeste do Estado. A área de menor precipitação anual, entre 1350 e 1900 mm, está compreendida em uma ampla faixa distribuída à Sudeste, formando um “corredor seco” que corresponde a aproximadamente 40% da área do estado.

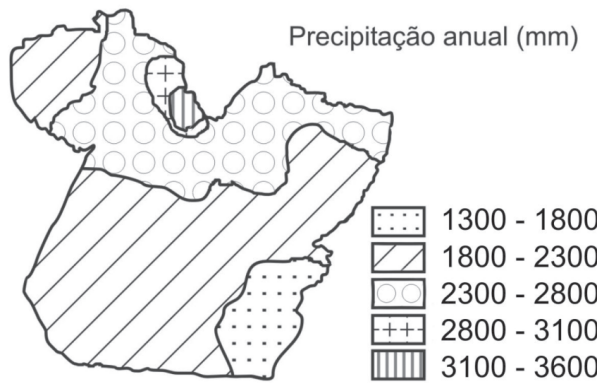


Figura 2 - Variação anual da precipitação no Estado do Pará.

Embora a média das precipitações anuais tenha sido superior à mediana em 22 das localidades estudadas, pode-se considerar a distribuição de frequência dos totais anuais de precipitação do Estado do Pará como aproximadamente normal. A Figura 3 ilustra a comparação entre a distribuição de frequência anual de precipitação na localidade de Fazenda Bela Vista (1° 04' 48" N; 13° 09' 00" O) e a curva normal, referente ao período de 1976 a 1998. A distribuição normal também se mostrou adequada para descrever a precipitação sazonal, e em menor grau a precipitação mensal. Conseqüentemente, a precipitação média foi considerada como uma medida de tendência central da precipitação anual, sazonal e mensal.

A variação espacial da variabilidade da precipitação anual no Estado do Pará, expressa pelo coeficiente de variação, está ilustrada na Figura 4. O coeficiente de variação da precipitação anual variou de 15% em Jabota (5° 09' 00" N; 56° 51' 00" O) a 30% em Aldeia do Baú (7° 21' 00" N; 54° 49' 48" O). Os menores valores foram observados na parte central do Estado, enquanto que os maiores foram observados ao Norte da região Sudoeste e a Sul da região Nordeste.

A variabilidade interanual da precipitação foi expressa em

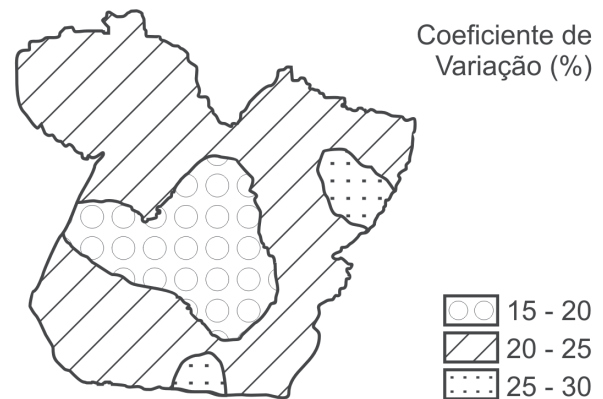


Figura 4 - Variação anual do coeficiente de variação da precipitação anual no Estado do Pará.

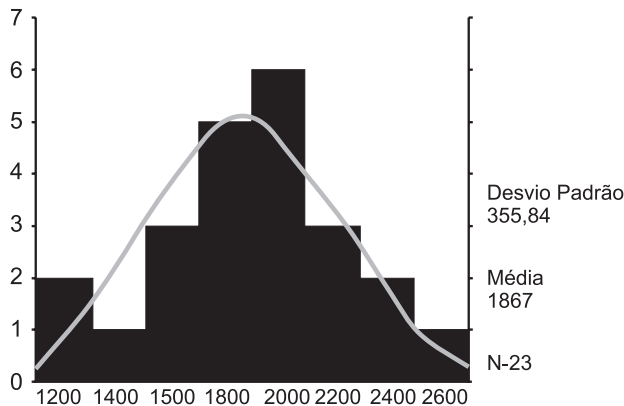


Figura 3 - Variação da precipitação anual na localidade de Fazenda Bela Vista em relação à curva normal

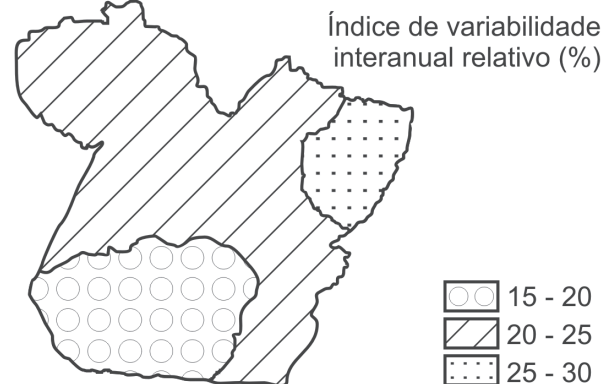


Figura 5 - Variação do índice de variabilidade interanual relativo.

termos do índice de variabilidade interanual, que representa a variação média da precipitação de um ano em relação ao seguinte. A variação espacial da variabilidade interanual da precipitação no estado do Pará está apresentada na Figura 5. O índice de variabilidade variou de 15% em Jacareacanga (8° 15' 36" N; 57° 04' 12" O) a 30% na área onde situa-se o Parque de Exposição Agropecuária (3° 25' 12" N; 48° 03' 36" O). Os menores valores foram observados no extremo sul da região sudoeste, enquanto que os maiores valores foram observados ao sul da região nordeste e a norte da região sudeste.

Variação sazonal da precipitação

A variação sazonal da precipitação no Estado do Pará é caracterizada por uma estação chuvosa, que na maioria das localidades compreende os meses de dezembro a maio, e por uma estação menos chuvosa (estação seca) que corresponde geralmente ao período de junho a novembro. A Tabela 1 apresenta os valores médios da precipitação durante a estação chuvosa e estação seca para todas as 31 localidades com os respectivos desvios padrões e coeficientes de variação.

O percentual do total de precipitação na estação chuvosa em relação ao total anual foi de 77%, com uma variação de 69% (Boca do Inferno: 1° 30' 00" N; 54° 51' 36" O) a 86% (Parque de Exposição Agropecuária). A precipitação na estação chuvosa variou de 65 mm (Rio Maria: 7° 18' 36" N; 50° 00' 00" O) a 2744 mm (Fazenda Bela Vista), com um valor médio em todas as localidades, de 1657 mm e mediana de 1594 mm. A variação da precipitação na estação seca foi de 230 mm (Parque de Exposição Agropecuária) a 678 mm (Oriximiná: 1° 45' 00" N; 55° 51' 00" O), com uma média de 487 mm e mediana de 506 mm.

A variação espacial do coeficiente de variação da precipitação da estação chuvosa é semelhante à observada na variação anual, uma vez que mais de 3/4 da precipitação anual ocorre nessa estação.

Variação espacial das características da estação chuvosa no Estado do Pará.

Início da estação chuvosa.

A Figura 6 ilustra a variação espacial do início da estação chuvosa em base mensal no Estado do Pará, que corresponde ao primeiro mês em que a precipitação normal é igual ou maior que a metade da evapotranspiração potencial. Observa-se que dezembro é o mês que caracteriza o início da estação chuvosa na maioria das localidades do Estado do Pará. Entretanto, em uma pequena área ao sul do estado, compreendendo os municípios de Novo Progresso, Altamira e São Félix do Xingu, o início da estação chuvosa pode ocorrer no mês de outubro. A ocorrência mais tardia de início da estação chuvosa verifica-se em uma pequena área no litoral paraense e Zona Bragantina. O início da estação chuvosa em novembro observa-se uma larga faixa de sudoeste a sudeste incluindo o centro-sul.

Fim da estação chuvosa

A variação espacial do fim da estação chuvosa, em base mensal, definida como mês em que a precipitação normal volta a ser igual ou menor que a metade da evapotranspiração potencial, está apresentada na Figura 7. O fim da estação chuvosa no Estado do Pará ocorre primeiro ao sul do estado, em maio, e por último à nordeste do estado, em uma área relativamente pequena, em agosto. Na maioria das localidades do Pará, compreendida numa faixa de leste a oeste, o fim da estação chuvosa ocorre em junho. Na região norte do estado, que corresponde à segunda maior área, o fim da estação chuvosa ocorre em julho.

Duração da estação chuvosa

A Figura 8 ilustra a variação espacial da duração média da estação chuvosa, definida com base nos resultados obtidos nos dois itens anteriores. Com base nesse critério, a estação chuvosa no Pará varia de 6 a 7 meses. A maior variação está relacionada com os meses de início e fim da estação chuvosa, com delimitação de seis períodos distintos.

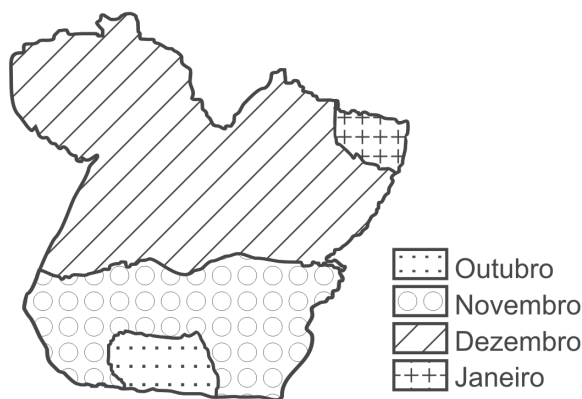


Figura 6 - Início da estação chuvosa no Estado do Pará.

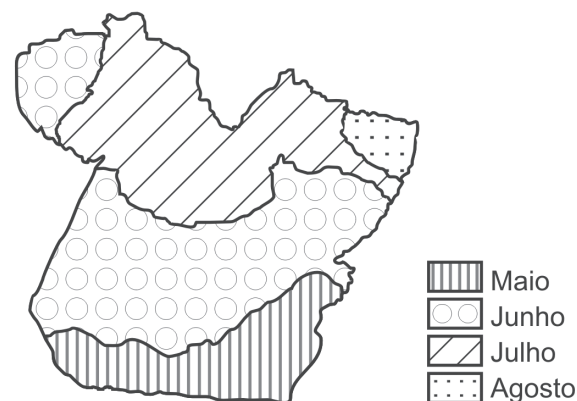


Figura 7 - Fim da estação chuvosa no Estado do Pará

Datas de plantio

O Estado do Pará possui cinco áreas distintas, com suas respectivas datas para o plantio, conforme ilustrado na Figura 9. A primeira área abrange localidades do extremo sul da região sudoeste e sudeste do estado, ocupando 20% da área total do Estado. Os períodos de plantio nessa área variam do dia juliano 309 (4/nov) ao dia 319 (14/nov). A segunda área configura uma faixa que se estende do sul do sudeste ao norte do Baixo Amazonas, abrangendo também municípios da região sudoeste. Essa área corresponde a 32% da totalidade do estado e as datas de plantio variam do dia juliano 320 (15/nov) ao 330 (25/nov). A terceira área abrange localidades do norte das regiões sudoeste, sudeste, Baixo Amazonas e a totalidade da região do Marajó, ocupando 23% do território estadual. Nessa área as datas de plantio oscilam entre os dias juliano 331 (26/nov) ao

341 (06/dez). A quarta área abrange a totalidade das regiões nordeste, metropolitana de Belém e o norte do sudeste, ocupando uma área de 19% do Pará. As datas representativas dessa região variam do dia juliano 342 (07/dez) ao dia 352 (17/dez). A última e menor área representa apenas um pequeno núcleo no litoral paraense, correspondendo a 6% do estado do Pará.

Portanto, existe uma defasagem média de 44 dias entre a primeira área, com período precoce, e a última área com período mais tardio. Essa defasagem acontece no sentido sudoeste nordeste do estado.

CONCLUSÕES

A distribuição de frequência normal foi a que melhor se ajustou aos dados anuais, sazonais e mensais o que sugere uma

Tabela 1 - Variação sazonal da precipitação no Estado do Pará

Localidades/ Identificação	Estação chuvosa				Estação seca			
	X (mm)	DP	CV	Per (%)	X (mm)	DP	CV	Per (%)
Afua (1)	2094	459,63	21,95	83	436	157,22	36,04	17
Aldeia do Baú (2)	2014	706,05	35,05	79	539	168,00	31,17	21
Arapati (3)	1231	331,71	26,95	75	406	152,88	37,68	25
Balsa do Cantu (4)	1720	407,33	23,69	75	580	198,97	34,29	25
Belo Horizonte (5)	1393	239,97	17,22	80	342	136,33	39,92	20
Boa Esperança (6)	1471	221,28	15,04	74	507	118,00	23,27	26
Boca do Inferno (7)	1196	341,59	28,56	69	544	127,49	23,45	31
Cajueiro (8)	1468	260,42	17,74	76	464	92,31	19,88	24
Camiranga (9)	1921	554,15	28,85	78	555	176,79	31,83	22
Capanema (10)	1771	406,41	22,95	74	638	130,80	20,52	26
Castanhal (11)	1780	353,62	19,87	75	606	186,83	30,84	25
Cipoal (12)	2110	460,08	21,80	83	444	157,26	35,38	17
Cumarú do Norte (13)	1025	320,63	31,29	72	392	150,87	38,48	28
Eld. dos Carajás (14)	1121	351,17	31,33	72	435	163,72	37,60	28
Faz. Bela Vista (15)	2744	598,09	21,80	83	578	204,44	35,38	17
Faz. Paquira (16)	2549	552,71	21,68	83	537	190,18	35,40	17
Faz. Urucuré (17)	1594	466,15	29,25	82	359	132,36	36,86	18
Itupiranga (18)	2005	437,08	21,80	83	422	149,29	35,34	17
Jabota (19)	1378	400,49	29,07	72	527	150,07	28,47	28
Jacareacanga (20)	1524	292,67	19,20	73	552	226,16	40,95	27
Km947/BR-163 (21)	1667	334,71	20,08	73	617	237,88	38,53	27
Medicilândia (22)	2308	661,59	28,67	78	666	212,15	31,83	22
Monte Alegre (23)	1348	322,76	23,95	81	316	123,10	38,93	19
Oriximiná (24)	2092	579,05	27,68	76	678	180,19	26,59	24
Parq. exp. Agrop (25)	1457	407,44	27,97	86	230	104,13	45,34	14
Porto Trombetas (26)	1569	434,39	27,68	76	506	133,41	26,36	24
Primav. do Xingu (27)	1369	253,80	18,54	73	494	168,89	34,16	27
Rio Maria (28)	965	311,21	32,26	72	382	144,44	37,84	28
St ^a . M ^a da Barreira (29)	1006	312,99	31,13	72	392	158,40	40,44	28
Santarém (30)	1677	490,65	29,26	82	377	139,34	36,93	18
Sete Varas (31)	1805	478,01	26,49	76	566	198,92	35,12	24

Onde: X é a precipitação média; DP é o desvio padrão; CV é o coeficiente de variação; Per é o percentual de precipitação.

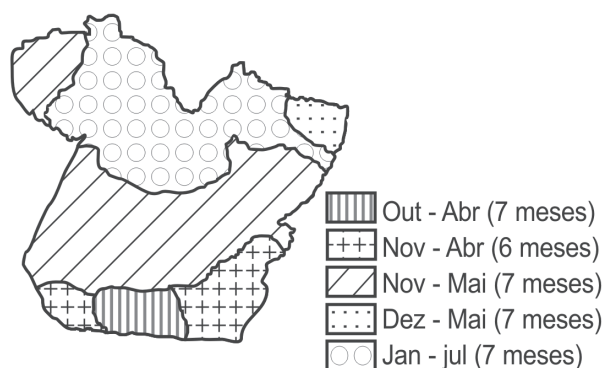


Figura 8 - Duração da estação chuvosa no Estado do Pará

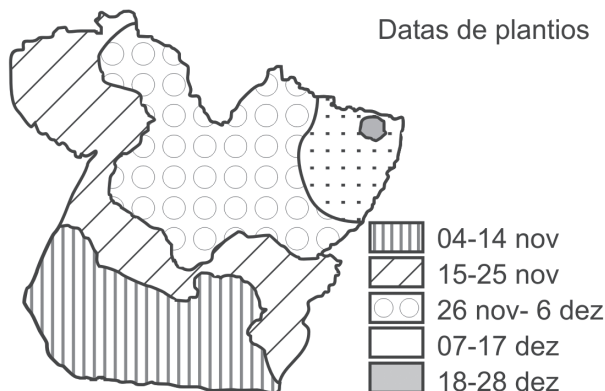


Figura 9 - Datas de plantio no Estado do Pará.

Tabela 2 - Estações Climatológicas do INMET no Estado do Pará

Ident.	Localidade	Latitude	Longitude
32	Altamira	03° 12' 00" N	51° 12' 00" O
33	Belém	01° 27' 00" N	48° 27' 36" O
34	Belterra	02° 37' 48" N	54° 57' 00" O
35	Breves	01° 39' 36" N	50° 28' 48" O
36	Conceição Araguaia	08° 15' 00" N	49° 16' 48" O
37	Itaituba	04° 15' 36" N	55° 34' 48" O
38	Marabá	05° 21' 00" N	49° 09' 00" O
39	Monte Alegre	02° 00' 00" N	54° 04' 48" O
40	Óbidos	01° 24' 36" N	55° 30' 36" O
41	Porto de Moz	01° 43' 48" N	52° 13' 48" O
42	São Félix Xingu	06° 37' 48" N	51° 58' 48" O
43	Soure	00° 42' 36" N	48° 30' 36" O
44	Tiriós	02° 28' 48" N	55° 58' 48" O
45	Tracuateua	01° 04' 48" N	47° 09' 36" O
46	Tucuruí	03° 42' 36" N	49° 42' 36" O

FONTE: INMET

considerável variação temporal e espacial da precipitação no Estado do Pará. Apesar das chuvas abundantes durante a estação chuvosa, constatou-se a ocorrência de deficiência hídrica em todas as localidades estudadas durante o período menos chuvoso.

O coeficiente de variação da precipitação anual na maior parte do Estado do Pará está compreendido entre 20 e 25%. Também foi constatado maior variabilidade da precipitação durante a estação seca do que na estação chuvosa.

As características da estação chuvosa, expressas pelo início, fim e duração, apresentaram considerável variação espacial sugerindo utilização de calendários agrícolas diferenciados. Essa caracterização poderá ser altamente valiosa no zoneamento agroclimático para o Estado, incluindo a variação espacial das datas de plantio para as culturas anuais recomendadas para o Estado do Pará. As datas de plantio recomendadas variam desde a primeira semana de novembro até a última semana de dezembro.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Horel, J.D.; Hahmann, A.N.; Geisler, J.E. 1989. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. *Journal of Climate*, 2(11): 1388 – 1403.
- IBGE. 1998. *Estatísticas Agropecuárias*. (<http://www.ibge.gov.br/>)
- INMET. 1992. *Normais Climatológicas*. 155p.
- Jensen, M.E., R.D. Burman, R.G. ALLEN (ed) 1990. *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements ASCE Manual Report on Engineering Practices N°70*, 442 p.
- Kassam, A.H. 1979. *Multiple cropping rainfed productivity in Africa*. Working Paper No. 5. FAO, Rome, Italy. 88p.
- Kousky, V. E. 1988. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. *Rev. Bras. Meteol.*, 3: 217-231.
- Marengo, J. A.; Liebmann, B.; Kousky, V. E., Filizola Junior, N. P.; Wainer, I. C. 2001. Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin. *Journal of Climate*. 14(5): 833-852.
- Molion, L.C.B. 1987. On the dynamic climatology of the Amazon basin and associated rain-producing mechanisms. In: *The Geophysiology of Amazonia Vegetation and Climate Interactions*. New York, John Wiley and Sons.
- Oliveira, A.D. 2000. *Aspectos agroclimáticos do arroz de sequeiro no Estado de Minas Gerais*. UFV, Viçosa, MG, 56p.
- SAGRI. 1996. Levantamento da realidade agrícola do Estado do Pará. EMATER-PA. *Série Documentos*. vol. 05. 65p.
- Stern, R.D., Coe, R. 1982. The use of rainfall models in agricultural planning. *Agricultural Meteorology*. 26(1): 35-50.
- Sugahara, S. 1991. *Flutuações interanuais, sazonais e intrasazonais da precipitação no estado de São Paulo*. Tese de Doutorado. Departamento de Meteorologia. IGA/USP. 140p.

RECEBIDO EM 16/06/2003

ACEITO EM 13/05/2004