ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Classificação e aptidão climática para as culturas da banana e abacaxi no estado da Paraíba

Raimundo Mainar de Medeiros¹, Paulo Roberto Megna Francisco², Rigoberto Moreira de Matos³,
Patrícia Ferreira da Silva⁴

¹Doutor em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó, CEP 58429-140 - Campina Grande - PB, Autor correspondente: E-mail: mainarmedeiros@gmail.com, em Agronomia; Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Rodovia BR 079, Km 12, CEP 58397-000 - Areia - PB, E-mail: paulomegna@gmail.com, ³Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó, CEP 58429-140 - Campina Grande - PB, E-mail: rigobertomoreira@gmail.com, ⁴Pós-doutoranda em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó, CEP 58429-140 - Campina Grande - PB, E-mail: patrycyafs@yahoo.com.br.

Artigo recebido em 08/07/2018 e aceite em 28/08/2018

RESUMO

O conhecimento das variáveis agroclimáticas é importante para o planejamento das atividades agropecuárias de uma determinada região. Objetivou-se com este estudo realizar a classificação e aptidão climática para as culturas da banana e do abacaxi no estado da Paraíba. O cálculo do balanço hídrico, classificação climática, elaboração do evapoplúviograma e o zoneamento agroclimático das culturas foram realizados a partir de uma série histórica de precipitação e temperatura do ar. Os valores das variáveis climáticas foram: temperatura do ar média anual 24,2 °C, precipitação pluviométrica 846,5 mm ano⁻¹, evapotranspiração potencial 1272,0 mm ano⁻¹, deficiência hídrica 425,5 mm ano⁻¹ e excesso hídrico 0,0 mm ano⁻¹. As condições agroclimáticas do estado da Paraíba foram classificadas como restrita para o cultivo da banana e do abacaxi, devido à ocorrência de deficiência hídrica acentuada. O clima do estado da Paraíba é seco semiárido, megatérmico, com pequeno ou nenhum excesso de água no solo e com 29,7% da evapotranspiração potencial concentrada no trimestre mais quente do ano. Os resultados obtidos com este estudo proporcionam subsídios para o planejamento e implantação das culturas da banana e do abacaxi pelos produtores do estado da Paraíba.

Palavras-chave: balanço hídrico, zoneamento agroclimático, deficiência e excesso hídrico.

Classification and fitness climate for the cultures banana and pineapple in the Paraíba state

ABSTRACT

Knowledge of agroclimatic variables is important for the planning of agricultural activities in a given region. The objective of this study was to perform the classification and climatic aptitude for banana and pineapple crops in the state of Paraíba. The calculation of the water balance, climatic classification, elaboration of the evapoplúviograma and the agroclimatic zoning of the cultures were carried out from a historical series of precipitation and air temperature. The values of climatic variables were: annual mean air temperature 24.2 °C, rainfall 846.5 mm year⁻¹, potential evapotranspiration 1272.0 mm year⁻¹, water deficiency 425.5 mm year⁻¹ and water excess 0.0 mm ano⁻¹. The agroclimatic conditions of the state of Paraíba were classified as restricted to the cultivation of banana and pineapple due to the occurrence of accentuated water deficiency. The climate of Paraíba state is semiarid, megahermic, with little or no excess water in the soil and with 29.7% of the potential evapotranspiration concentrated in the hottest quarter of the year. The results obtained with this study provide subsidies for the planning and implantation of banana and pineapple crops by the state of Paraíba.

Keywords: water balance, agroclimatic zoning, deficiency and water excess.

Introdução

A banana (*Musa* spp.) é uma planta tipicamente tropical, exigente em temperaturas

elevadas, com precipitação bem distribuída e disponibilidade de umidade no solo. A temperatura ótima para o desenvolvimento da bananeira oscila em

torno de 28 °C, enquanto temperaturas entre 15 e 35 °C são os limites extremos para exploração da cultura. Dessa forma, se uma região apresenta valores de temperatura dentro desses limites e adequado suprimento de água e nutrientes, é possível o cultivo da bananeira. Vale ressaltar, que este fruto é cultivado em todos os estados brasileiros, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior. Entretanto, certos fatores climáticos, como a temperatura e o regime de chuvas, impõem limites à cultura (Borges et al., 2006).

Para definir a aptidão da região para o cultivo da bananeira, o produtor deve ter conhecimento das características climatológicas e as suas variações sazonais, uma vez que a bananeira não tolera encharcamento, fortes ventos e temperaturas médias do ar abaixo de 15 °C (Ventura e Gomes, 2005).

O abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) é uma planta de clima tropical, monocotiledônea, herbácea e perene da família Bromeliácea, possui caule curto e grosso, no qual desenvolvem folhas estreitas, compridas e resistentes, quase sempre margeadas por espinhos (Ricca et al., 2014).

Silva e Silva (2006) relatam que mesmo no período mais crítico, a deficiência hídrica no ciclo do abacaxi, seja da floração à colheita do fruto, a cultura não tolera déficit ou excesso de água no solo, os mesmos advertem a importância de se irrigar a cultura durante o ciclo completo.

A qualidade adequada dos frutos do abacaxizeiro é produzida a uma temperatura ótima entre 23 a 25 °C, sendo que a cultura tolera uma temperatura máxima de 40 °C, acima desta, pode causar queima dos frutos, e a mínima tolerante de 5 °C, abaixo desta, pode retardar o amadurecimento dos frutos e prolongar o ciclo da cultura. A cultura é resistente à secas em caso de sobrevivência, já em cultivos para fins de comercialização, adapta-se bem a regiões com precipitação média entre 1.000 a 1.500 mm ano⁻¹ distribuídos uniformemente ao longo do ciclo da cultura, sendo recomendado o uso da irrigação em regiões que apresentam veranicos ou precipitação pluvial menor que 1000 mm ano⁻¹, e a umidade relativa do ar adequada ao desenvolvimento e produção da cultura acima de 75% (Cunha et al., 2009; Ricca et al., 2014).

A água é essencial para o desenvolvimento das culturas, a sua falta ou excesso pode influenciar na produção agrícola de determinada localidade ou de uma região.

Medeiros et al. (2013) relatam que a técnica do balanço hídrico fornece o saldo de água disponível no solo para o vegetal, ou seja, contabiliza a entrada (precipitação e/ou irrigação) e a saída

(evapotranspiração potencial), considerando uma determinada capacidade de armazenamento de água no solo. O uso do balanço hídrico climatológico para uma determinada região é de suma importância, pois o mesmo considera o solo, sua textura física, profundidade efetiva do sistema radicular das plantas e o movimento de água no solo durante todo o ano (Matos et al., 2014).

O conhecimento das variáveis agroclimáticas de uma região é de fundamental importância para todas as atividades humanas desenvolvidas, principalmente para a agricultura. A utilização do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955), como ferramenta de manejo, procura nortear ações de planejamento na produção agrícola para uma dada região, possibilitando maior rentabilidade dos cultivos agrícolas.

O zoneamento agroclimático constitui-se, numa ferramenta importante no processo de tomada de decisão, permitindo, a partir das análises das variabilidades climáticas locais e de sua espacialização, a delimitação de regiões com diferentes aptidões climáticas ao cultivo. A definição de épocas de semeaduras ajustadas aos estudos probabilísticos da distribuição temporal das chuvas, bem como a recomendação de cultivares com maiores potenciais produtivos, maior resistência ao déficit hídrico e com ciclos mais precoces podem diminuir os efeitos causados pela má distribuição das chuvas e pelo uso de tecnologias não adequadas (Medeiros et al., 2013).

Diante da importância das culturas da banana e do abacaxi para o estado da Paraíba, torna-se desejável a expansão dos cultivos em outras regiões com características agroclimáticas favoráveis ao seu pleno desenvolvimento. Desta forma, para que se possa ter sucesso na implantação das culturas, faz-se necessário estudo sobre a aptidão agrícola da região para o adequado desenvolvimento das culturas (Gasparini et al., 2015).

Dada à relevância da temática, objetivou-se com este estudo realizar a classificação e aptidão climática para as culturas da banana e do abacaxi no estado da Paraíba, visando disponibilizar informações para os produtores da região.

Material e métodos

A área de estudo compreende o estado da Paraíba localizado na região Nordeste do Brasil, possui uma área de 56.372 km², que corresponde a 0,662% do território nacional (Figura 1). Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6° 02' 12" e 8° 19' 18" S, e entre os meridianos de 34° 45' 54" e 38° 45' 45" W (Francisco et al., 2015).

Figura 1. Localização da área de estudo com as regiões do estado da Paraíba (Brito e Braga, 2005).

O relevo do estado da Paraíba apresenta-se de forma geral bastante diversificado, constituindo-se por formas de relevo diferentes trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos e sobre rochas muito diferenciadas. No tocante à geomorfologia, existem dois grupos formados pelos tipos climáticos mais significativos do estado: úmido, subúmido e semiárido. O uso atual e a cobertura vegetal caracterizam-se por formações florestais definidas como caatinga arbustiva arbórea aberta, caatinga arbustiva arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, tabuleiro costeiro, mangues, mata-úmida, mata semidecidual, mata atlântica e restinga (Paraíba, 2006).

O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30 °C) e uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações (< 700 m). A precipitação varia de 400 a 800 mm anuais, nas regiões semiáridas do interior do estado, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar os 1.600 mm. Os fatores provocadores de chuvas no estado são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as contribuições dos sistemas de Vórtices

Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) quando em atividade sobre o Nordeste Brasileiro, além dos efeitos decorrentes dos ventos alísios do nordeste em conjunto com os efeitos de brisa marítima, auxiliados pela formação dos Vórtices Ciclônicos do Atlântico Sul (VCAS) e das formações das linhas de instabilidade, o Padrão do Dipolo (PD) no Oceano Atlântico Tropical e as perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios (Becker et al., 2013).

Utilizou-se uma série histórica mensal e anual de precipitação pluvial do estado da Paraíba, referente ao período de 1912 a 2014, 102 anos de dados. Essa série de dados foram selecionadas com base no critério de se analisar apenas aquelas sem falhas e contínuas, bem como distribuídas homogeneamente na área de estudo. Os postos pluviométricos utilizados foram da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), abrangendo um total de 223 postos pluviométricos com registros de dados completos (Figura 2).

Figura 2. Distribuição espacial dos postos pluviométricos da área de estudo (Francisco et al., 2015a).

Os valores da temperatura média do ar foram estimados pelo software Estima_T. O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática para a temperatura média mensal, em

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2\varnothing + C_3h + C_4\lambda_2 + C_5\varnothing_2 + C_6h_2 + C_7\lambda\varnothing + C_8\lambda h + C_9\varnothing h \quad (1)$$

Em que:

$C_0, C_1, \dots, C_9$ são as constantes;
 $\lambda, \lambda_2, \lambda\varnothing, \lambda h$ longitude;
 $\varnothing, \varnothing_2, \lambda\varnothing$ latitude; e
 $h, h_2, \lambda h, \varnothing h$ altitude.

Utilizou-se ainda a série temporal de temperatura do ar, adicionando a esta à anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical, segundo Cavalcanti et al. (2006), conforme a Equação 2.

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij} \quad (2)$$

Em que:

$i = 1, 2, 3, \dots, 12$; e
 $j = 1912, 1913, 1914, 1915, \dots, 2014$.

Uma planilha eletrônica foi elaborada com os dados obtidos com o Estima_T, e após calculado a média anual da temperatura do ar. Utilizando o software Surfer 9.0 foi elaborada a estatística utilizando a krigagem onde se elaborou mapa anual e todos recortados utilizando-se o limite do estado da Paraíba.

função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude em conformidade com Cavalcanti et al. (2006), determinada pela Equação 1.

A partir dos dados de precipitação pluviométrica, calculou-se a média mensal de cada ano e com os valores encontrados determinaram-se os valores médios da precipitação mínima, média, máxima, mensal e anual da série de dados, conforme Medeiros et al. (2015).

O cálculo do balanço hídrico climatológico e dos índices climáticos de aridez, umidade e índice hídrico, foram estimados conforme metodologia de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955), conforme as Equações 3, 4 e 5. Estes índices são essenciais para a caracterização climática da região conforme o método de Thornthwaite (1948), e no estudo de adaptação de culturas à região.

$$Ia = 100 \frac{\sum D}{\sum ETp} \quad (3)$$

$$Iu = 100 \frac{\sum S}{\sum ETp} \quad (4)$$

$$Ih = Iu - 0,6 \cdot Ia \quad (5)$$

Em que:

Ia - índice de aridez em %;

Iu - índice de umidade em %;
Ih - índice hídrico em %;
D - deficiência hídrica em mm;
S - excesso hídrico em mm; e
ETp - evapotranspiração potencial em mm.

100 mm. A evapotranspiração potencial (ETp) obtida conforme a Equação 6.

$$ETp = Fc \cdot 16 \cdot \left(10 \frac{T}{I}\right)^a \quad (6)$$

Em que:

ETp – evapotranspiração potencial anual em mm ano⁻¹;
Fc – Fator de correção, conforme a Tabela 1;
T – Temperatura média mensal em °C;
I – Índice anual de calor, correspondente a soma dos doze índices mensais; e
a – Função cúbica do índice anual de calor dada por: $6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492$.

Tabela 1. Fator de correção (Fc) em função dos meses do ano (Thornthwaite, 1948).

Fator de Correção											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

Fonte: Unesco (1982).

A classificação climática foi obtida de acordo com a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) utilizando-se os valores dos índices de aridez (Ia), umidade (Iu), hídrico (Ih) e (Cv) em conformidade com a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano.

A concentração da evapotranspiração potencial na estação quente (Cv) representa a percentagem da evapotranspiração anual que ocorre nos meses a, b, c, de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente do ano), obtida pela Equação 7.

$$Cv = 100(ETp_a + ETp_b + ETp_c) / (ETp) \quad (7)$$

Em que:

Cv – Concentração da evapotranspiração na estação mais quente do ano em %;
ETp a, b, c – evapotranspiração potencial nos meses a, b, c em mm mês⁻¹; e
ETp – evapotranspiração potencial anual em mm ano⁻¹.

Elaborou-se o evapoplúviograma, o qual se refere a um climograma adaptado ao balanço hídrico para fins de estudo das condições climáticas mais adequadas às culturas através do sistema de coordenadas ortogonais. Como nesse caso a evapotranspiração potencial é plotada em função da precipitação, assim obteve-se o evapoplúviograma, conforme Matos et al. (2015).

O diagrama apresenta-se dividido em seis setores hídricos, nos quais os valores da precipitação correspondem a diferentes múltiplos e submúltiplos da evapotranspiração potencial, e em outras quatro faixas térmicas com valores correspondentes às limitações e exigências térmicas da cultura.

Utilizando-se dos pontos do evapoplúviograma determinaram-se os índices de vegetação (Iv), de repouso por seca (Irs) de repouso por frio (Irf) e hídrico (Ih).

Por fim, os valores dos índices climáticos foram aplicados na Tabela 2 para determinação da aptidão climática da região de estudo, classificando as culturas em aptidão plena, moderada, restrita e inapta.

Tabela 2. Descrição das classes de aptidão e exigências climáticas para o zoneamento das culturas da banana e do

abacaxi no estado da Paraíba.

Cultura	Aptidão	Índice Climático	Deficiência/Excesso
Banana	Plena	→ $D < 200 \text{ mm}$	⇒ Boas condições hídricas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	→ $200 < D < 350 \text{ mm}$	⇒ Insuficiência hídrica estacional, prolongando o ciclo da cultura.
	Restrita	→ $350 < D < 700 \text{ mm}$	⇒ Deficiência hídrica acentuada, sendo possível o cultivo apenas em várzeas e locais úmidos.
	Inapta	→ $D > 700 \text{ mm}$	⇒ Deficiência hídrica muito severa. O cultivo somente possível através de irrigação.
Abacaxi	Plena	→ $-20 \leq I_h < 20$	⇒ Boas condições hídricas e térmicas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	→ $I_h > 20$	⇒ Umidade excessiva, prejudicando o desenvolvimento vegetativo e a frutificação da cultura.
	Restrita	→ $-30 \leq I_h < -20$ → $-40 \leq I_h < -30$	⇒ Restrições hídricas para o desenvolvimento da cultura ⇒ Limitações para a cultura por deficiência hídrica acentuada.
	Inapta	→ $I_h < -40$	⇒ Deficiência hídrica severa, não possibilitando o desenvolvimento da cultura, a não ser através da irrigação.

Legenda: I_h - Índice hídrico e D - Deficiência hídrica anual, provenientes do balanço hídrico (Ometto, 1981).

Resultados e discussão

As variáveis utilizadas na determinação do balanço hídrico climatológico para o período de 102 anos de dados climáticos no estado da Paraíba,

considerando a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Variáveis utilizadas no balanço hídrico climatológico para o estado da Paraíba.

Meses	T (°C)	P	ETp	ETr (mm)	D	S
Jan	25,6	70,9	127,0	71,4	55,7	0,0
Fev	25,4	99,3	114,9	99,4	15,5	0,0
Mar	25,1	151,5	121,1	121,1	0,0	0,0
Abr	24,5	148,2	107,0	107,0	0,0	0,0
Mai	23,7	101,7	98,3	98,3	0,0	0,0
Jun	22,7	89,7	82,8	82,8	0,0	0,0
Jul	22,3	72,0	80,2	78,5	1,7	0,0
Ago	22,4	38,8	82,8	65,9	17,0	0,0
Set	23,6	19,9	94,4	45,6	48,8	0,0
Out	24,6	11,3	113,0	26,2	86,8	0,0
Nov	25,2	14,1	120,1	19,6	100,5	0,0
Dez	25,6	29,1	130,4	30,9	99,5	0,0
Média	24,2	70,5	106,0	70,6	35,5	0,0
Total	290,7	846,5	1272,0	846,7	425,5	0,0

Legenda: T - temperatura média do ar; P - precipitação pluviométrica; ETp - evapotranspiração potencial; ETr - evapotranspiração real; D - deficiência hídrica; e S - excesso hídrico.

Observa-se que a temperatura do ar média anual é de 24,2 °C, com oscilações mensais de 22,3 °C a mínima ocorrida no mês de julho e a máxima de 25,6 °C incidida nos meses de dezembro e janeiro. Sendo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro o trimestre de temperaturas mais elevadas do ano e o trimestre mais frio ocorrem nos meses de junho, julho e agosto.

A temperatura média anual do estado da Paraíba está dentro da faixa térmica adequada ao cultivo da banana e do abacaxi, assim, favorecendo o desenvolvimento e rendimento das culturas.

Medeiros et al. (2017) relataram que a variabilidade da temperatura média do ar no estado da Paraíba oscila de 21,4 a 25,4 °C. Já Francisco et al.

(2015b) obtiveram em seu estudo uma flutuação da temperatura de 22,2 a 25,6 °C. Os resultados da temperatura do ar deste estudo estão de acordo com os obtidos por estes autores para a mesma região estudada.

A precipitação anual é de 846,5 mm, com distribuição irregular, a quadra mais chuvosa compreende os meses de fevereiro a maio, com flutuação entre 99,3 a 151,5 mm mês⁻¹, o trimestre mais seco ocorre nos meses de setembro a novembro, com oscilação entre 11,3 a 19,9 mm mês⁻¹. Os dados de precipitação pluviométrica obtidos no presente estudo estão de acordo com os alcançados por Pereira e Silva (2016).

As precipitações ocorridas de agosto a dezembro é caracterizadas como abaixo da evaporação real, não sendo suficiente para a produção agrícola de sequeiro e com pouca contribuição para o armazenamento de água no solo, necessitando-se de suprimento de água para os cultivos através da irrigação.

A evapotranspiração potencial anual é de 1.272,0 mm, o trimestre com maiores valores evaporativo ocorre nos meses de novembro a janeiro, sua oscilação mensal flui entre 120,1 a 130,4 mm mês⁻¹, já nos meses de junho a agosto ocorrem os menores índices evaporativos entre 80,2 a 82,8 mm mês⁻¹.

Francisco et al. (2017) obtiveram em seu estudo utilizando o método de Thornthwaite para o cálculo da evapotranspiração uma flutuação entre 81,4 a 132,2 mm, com valor médio anual de 1.288,8 mm. Estes resultados corroboram com os obtidos no presente estudo.

O consumo de quanto realmente está sendo evapotranspirado de água é expresso pela evapotranspiração real (ET_r), que se comportou de forma semelhante à distribuição da precipitação pluvial. A evapotranspiração real anual é de 846,7 mm, os meses de maiores evaporações ocorrem entre fevereiro e maio, com oscilações entre 98,3 a 121,1 mm mês⁻¹, e nos meses de outubro a dezembro

ocorrem os menores índices evaporativos, com flutuações entre 19,6 a 30,9 mm mês⁻¹.

Os valores da evapotranspiração real fluem próximos dos índices pluviométricos, e a evapotranspiração potencial é praticamente o dobro da precipitação ocorrida na região (Medeiros et al., 2016).

Os resultados da contabilidade hídrica demonstram que não existe a ocorrência de excedente hídrico em todos os meses do ano. As deficiências hídricas ocorrem entre os meses de julho a fevereiro, sendo que os meses de outubro, novembro e dezembro apresentam as maiores deficiências, com déficit de água no solo anual de 425,5 mm ano⁻¹. Ocorre reposição nos meses de março a junho e a retirada de água no solo incide entre os meses de agosto a dezembro.

A deficiência de água no solo deve ser monitorada para que não interfira no desenvolvimento e na produtividade das culturas. Santos et al. (2010) afirmam que é indispensável o uso de sistemas de irrigação em regiões que apresentam deficiência hídrica acentuada, principalmente quando esta deficiência de água no solo se estende em quase todos os meses do ano.

O balanço hídrico climatológico para o estado da Paraíba, conforme a metodologia de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955), referente ao período de 102 anos de dados e levando em consideração uma capacidade de água disponível de 100 mm, encontra-se na Figura 3.

O resultado do balanço hídrico climatológico para o estado da Paraíba pode auxiliar os produtores agrícolas no planejamento das atividades agropecuárias, visando minimizar as perdas e aumentar a produção. Estes resultados estão de acordo com vários estudos realizados para o semiárido brasileiro (Matos et al., 2014; Francisco et al., 2015a; Medeiros et al., 2017).

Figura 3. Balanço hídrico climatológico para o estado da Paraíba.

Utilizando o índice hídrico anual (I_h) definiu-se o tipo de clima como Semiárido (D), através da evapotranspiração potencial anual obteve-se a classificação térmica como sendo um clima Megatérmico (A'), como o $I_h < 0$ genericamente designados como “climas secos” são enquadrados de acordo com o índice de umidade (I_u), assim originando o subtipo climático (D) com pequeno ou nenhum excesso de água, e em conformidade com a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente (C_v), definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano, foi estabelecido ainda outro subtipo climático (a') indicando a percentagem da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente do ano.

A fórmula climática obtida para o estado da

Paraíba encontra-se na Tabela 4. Segundo Thornthwaite (1948) o estado da Paraíba possui um clima seco Semiárido, Megatérmico, com pequeno ou nenhum excesso de água e com 29,7% da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente do ano (dezembro, janeiro e fevereiro), assim classificado como $DA'Da'$.

Segundo Rolim et al. (2007) o sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) permite separar eficientemente os climas de uma determinada região, pois o método é muito sensível aos totais de precipitação e temperatura do ar, assim resultando em maior número de tipos climáticos, gerando informações eficientes e demonstrando a capacidade para delimitação das zonas agroclimáticas.

Tabela 4. Classificação climática para o estado da Paraíba.

I_a	I_u	I_h	Tipo climático em função do índice hídrico (I_h)	Tipo climático em função da evapotranspiração potencial (ET_p)	Subtipo climático em função de I_h e I_u	Subtipo climático em função de (C_v)
33,5	0,0	-20,1	D	A'	D	a'

A distribuição espacial da aptidão climática para o cultivo da banana no estado da Paraíba evidencia a variabilidade entre a evapotranspiração e precipitação nesta região. Observa-se que as áreas mais propícias ao cultivo da banana são as regiões do litoral, brejo, agreste e áreas isoladas na divisa com o estado de Pernambuco. Destaca-se a região do

Cariri/Curimataú e a divisa com o Rio Grande do Norte como área não propícia ao plantio da bananeira, na região do Sertão e Alto Sertão ocorrem algumas áreas isoladas com aptidão, mas estão restritas ao cultivo por falta de água para a irrigação da cultura nos meses que ocorrem as maiores deficiências hídricas, Figura 4.

De acordo com Matos et al. (2015) é recomendável o uso da irrigação em áreas que apresentam déficit de água no solo, principalmente nos meses que apresentam maior déficit hídrico, podendo

adotar o manejo da irrigação com base nos dados históricos de evapotranspiração, e desta forma, garantir a produtividade máxima das culturas.

Figura 4. Distribuição espacial da aptidão climática para o cultivo da banana no estado da Paraíba.

O índice hídrico obtido para o estado da Paraíba é de -20,1%, mostrando que o cultivo do abacaxi tem aptidão plena nas regiões do Litoral, Brejo e em algumas áreas isoladas do Alto Sertão Paraibano. Observa-se que na região do Sertão Paraibano apresenta aptidão moderada, sendo possível o cultivo através do suprimento de água por meio da irrigação. Na região do Agreste Paraibano localizada na região central da área de estudo é restrita para o cultivo do abacaxi em função da deficiência hídrica severa, como

também os solos rasos e tipos de vegetação fazem com que a região não proporcione condições adequadas ao desenvolvimento da cultura, Figura 5.

Apesar da região possuir uma quantidade de precipitação pluviométrica acima da necessária ao desenvolvimento da cultura, estas chuvas são mal distribuídas espaço temporal, fazendo com que o solo permaneça com um saldo negativo de água durante alguns meses do ano (Matos et al., 2017).

Figura 5. Distribuição espacial da aptidão climática para o cultivo do abacaxi no estado da Paraíba.

A partir dos resultados do balanço hídrico climatológico e da relação evapotranspiração e precipitação elaborou-se o evapopluviograma para a

efetivação do zoneamento agroclimático para as culturas da banana e do abacaxi no estado da Paraíba (Figura 6).

Figura 6. Distribuição dos seis setores hídricos e das quatro faixas térmicas do evapopluviograma para o estado da Paraíba.

Após passarem por fases de cálculos, evapopluviograma e aplicação em tabelas, os resultados dos índices climáticos estão apresentados na Tabela 5. Estes índices estão de acordo com vários estudos realizados para o semiárido brasileiro (Medeiros et al., 2013; Matos et al., 2014; Ricce et al., 2014).

Os índices climáticos indicam as condições para o cultivo de forma sustentável, visando o planejamento para que se obtenha retorno econômico, com base no clima e solo da região é possível a obtenção de maior rentabilidade nos cultivos agrícolas (Francisco et al., 2011).

Tabela 5. Índices e parâmetros climáticos para o estado da Paraíba.

Índice climático	Ih	Iv	Irs	Irf	Cv (%)	T (°C)	P	ETp (mm ano ⁻¹)	D	S
Valor	-20,1	38,0	17,0	12,0	29,7%	24,2	846,5	1272,0	425,5	0,0

Legenda: Ih - índice hídrico; Iv - índice vegetativo; Irs - índice de repouso por seca; Irf - índice de repouso por frio; Cv - concentração da evapotranspiração potencial na estação quente; T - temperatura média anual, P - precipitação pluviométrica; ETp - evapotranspiração potencial, D - deficiência hídrica; e S - excesso hídrico.

Os índices climáticos da Tabela 5 foram aplicados em relação à Tabela 2 para determinação do zoneamento agroclimático das culturas da banana e do abacaxi para o estado da Paraíba, desta forma, classificando a aptidão das culturas em plena,

moderada, restrita ou inaptidão. Determinou-se para a área de estudo as culturas que se adaptam às disponibilidades climáticas e hídricas locais, conforme a Tabela 6.

Tabela 6. Zoneamento agroclimático das culturas da banana e do abacaxi para o estado da Paraíba.

Cultura	Índice Climático	Aptidão
Banana	$350 < D < 700 \text{ mm}$	Restrita
Abacaxi	$-30 \leq I_h < -20$	Restrita

A partir das exigências climáticas das culturas da banana e do abacaxi, com base nas faixas de aptidão plena, moderada, restrita e inaptidão destas culturas, e os resultados dos índices e parâmetros climáticos, verificou-se que no geral, o estado da Paraíba possui aptidão restrita para os cultivos da banana e do abacaxi, em função da ocorrência de deficiência hídrica acentuada, sendo possível o cultivo apenas com irrigação, em várzeas ou locais úmidos.

A aptidão climática de uma determinada região é definida com base na associação da precipitação pluviométrica, temperatura do ar e altitude local, estas informações são de grande relevância sob o aspecto social inerente as culturas,

Conclusões

Diante dos resultados, constatou-se que as condições agroclimáticas do estado da Paraíba foram classificadas como restrita para o cultivo da banana e do abacaxi, devido à ocorrência de deficiência hídrica acentuada.

O clima do estado da Paraíba é seco semiárido, megatérmico, com pequeno ou nenhum excesso de água no solo e com 29,7% da evapotranspiração potencial concentrada no trimestre mais quente do ano.

Os resultados obtidos com este estudo

Referências

- Becker, C.T., Medeiros, R.M., Francisco, P.R.M., Gomes Filho, M.F. 2013. Climatologia da precipitação de Cabaceiras - PB no período entre 1926-2011. *Revista Educação Agrícola Superior* 28, 132-135. <http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v28n02a09>
- Borges, A.L., Oliveira, A.M.G., Ritzinger, C.H.S.P., Almeida, C.O., Coelho, E.F., Santos-Serejo, J.A., Souza, L.S., Lima, M.B., Fancelli, M., Folegatti, M.I.S., Filho, P.E.M., Silva, S., Medina, V.M., Cordeiro, Z.J.M. 2006. A cultura da banana / Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 3. ed. rev. e amp. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, (Coleção Plantar, 56).
- geradora de recursos para a agricultura familiar. Visto que o estado da Paraíba possui aptidão climática restrita para estas culturas, a utilização de tecnologias nos cultivos como variedades mais resistentes à secas e sistemas de irrigação, aumentará a produtividade dos cultivos (Toledo et al., 2009).
- Wollmann e Galvani (2013) relatam que as condições hídricas e do clima da região, são levadas em consideração no zoneamento agroclimático, visando à exploração de culturas economicamente rentáveis. São estas as características agroclimáticas locais que determinam aptidão ao desenvolvimento das culturas.
- proporcionam subsídios para o planejamento e implantação das culturas da banana e do abacaxi pelos produtores do estado da Paraíba.
- Agradecimentos**
- Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão das bolsas de pós-graduação.
- Brito, J.J., Braga, C.C. 2005. Chuvas no Estado da Paraíba em 2004. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia* 29, 27-32.
- Cavalcanti, E.P., Silva, V.P.R., Sousa, F.A.S. 2006. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10, 140-147. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100021>
- Cunha, G.A.P., Reinhardt, D.H., Almeida, O.A., Souza, L.F.S. 2009. Abacaxi. In: Monteiro, J.E.B.A. *Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília: INMET, p.15-32.
- Francisco, P.R.M., Medeiros, R.M., Matos, R.M., Bandeira, M.M., Santos, D. 2015. Análise e

- Mapeamento dos Índices de Umidade, Hídrico e Aridez através do BHC para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 1093-1108. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-2295.20150056>
- Francisco, P.R.M., Medeiros, R.M., Santos, D., Matos, R.M. 2015. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 1006-1016. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-2295.20150049>
- Francisco, P.R.M., Medeiros, R.M., Matos, R.M., Santos, D., Saboya, L.M.F. 2017. Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Climatologia* 20, 135-147. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v20i0.41569>.
- Francisco, P.R.M., Pereira, F.C., Medeiros, R.M., Sá, T.F.F. 2011. Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí-PB. *Revista Brasileira de Geografia Física* 5, 1043-1055.
- Gasparini, K.A.C., Fonseca, M.D.S., Pastro, M.S., Lacerda, L.C., Santos, A.R. 2015. Zoneamento agroclimático da cultura do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) para o estado do Espírito Santo. *Revista Ciência Agronômica* 46, 707-717.
- Matos, R.M., Medeiros, R.M., Francisco, P.R.M., Silva, P.F., Santos, D. 2015. Caracterização e aptidão climática de culturas para o município de Alhandra - PB, Brasil. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 9, 183-192. [10.7127/RBAI.V9N300288](http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V9N300288)
- Matos, R.M., Silva, J.A.S., Medeiros, R.M. 2014. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha – CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 8, 422-431. [10.7127/RBAI.V8N600240](http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V8N600240).
- Matos, R.M., Silva, P.F., Borges, V.E., Medeiros, R.M., Francisco, P.R.M., Dantas Neto, J. 2017. Zoneamento agroclimático da palma forrageira para o município de Barbalha – CE. *Revista Espacios* 38, 27-27.
- Medeiros, B.C., Medeiros, R.M., Patriota, M.R.A. 2016. Climáticas em São João do Cariri – PB, a partir do balanço hídrico climatológico. *Ciência e Natura* 38, 1403-1410. [10.5902/2179460X22459](http://dx.doi.org/10.5902/2179460X22459)
- Medeiros, R.M., Azevedo, P.V., Saboya, L.M.F., Francisco, P.R.M. 2013. Classificação climática e zoneamento agroclimático para o município de Amarante – PI. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 7, 170-180. [10.7127/rbai.v7n200011](http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v7n200011)
- Medeiros, R.M., Silva, J.A.S., Silva, A.O., Matos, R.M., Balbino, D.P. 2013. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para a área produtora da banana do município de Barbalha, CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 7, 258 - 268. DOI: [10.7127/RBAI.V7N400018](http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V7N400018).
- Medeiros, R.M., Francisco, P.R.M., Matos, R. M., Santos, D., Saboya, L.M.F. 2015. Diagnósticos das flutuações pluviométricas no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* 08, 1017-1027.
- Medeiros, R.M., Matos, R.M., Saboya, L.M.F., Silva, P. F. 2017. Aptidão agroclimática para o cultivo da videira (*Vitis vinifera* L.) no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 11, 1492-1499. [10.7127/RBAI.V11N300511](http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V11N300511)
- Ometto, J.C. 1981. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo: Ceres.
- Paraíba. 2006. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERHPB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília - DF.
- Pereira, J.A.V., Silva, J.B. 2016. Detecção de focos de calor no estado da Paraíba: um estudo sobre as queimadas. *Revista Geografia Acadêmica* 10, 05-16. <http://dx.doi.org/10.18227/1678-7226rga.v10i1.3173>
- Ricce, W.S., Carvalho, S.L.C., Caramori, P.H., Auler, P.A.M., Roberto, S.R. 2014. Zoneamento agroclimático da cultura do abacaxizeiro no Estado do Paraná. *Revista Semina* 35, 2337-2346. [10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2337](http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2337)

- Rolim, G.S., Camargo, M.B.P., Lania, D.G., Moraes, J.F.L. 2007. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. *Revista Bragantia* 66, 711-720. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>.
- Santos, G.O., Hernandez, F.B.T., Rossetti, J.C. 2010. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 4, 142-149. 10.7127/RBAI.V4N300010
- Silva, C.A., Silva, C.J. 2006. Irrigação na cultura do abacaxizeiro. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia* 5, 01-15.
- Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 38, 55-94. 10.2307/210739.
- Thornthwaite, C.W., Mather, J.R. 1955. The water balance. Publication in *Climatology*, n.8, Laboratory of Climatology, Centerton, N. J.
- Toledo, J.V., Martins, L.D., Klippel, V.H., Pezzopane, J.E.M., Tomaz, M.A., Amaral, J.F. T. 2009. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão manso (*Jatropha Curcas* L.) e da mamona (*Ricinus Communis* L.) no estado do Espírito Santo. *Agropecuária Científica no Semi-Árido* 05, 41-5. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v5i1.48>
- Unesco. 1982. Mexico City Declaration on Cultural Policies World Conference on Cultural Policies Mexico City, 26 July - 6 August.
- Ventura, J.A., Gomes, J.A. 2005. Recomendações técnicas para o cultivo de bananeira no Estado do Espírito Santo. Vitória – ES. Incaper, 42p.
- Wollmann, C.A., Galvani, E. 2013. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. *Sociedade e Natureza* 25, 179-190.