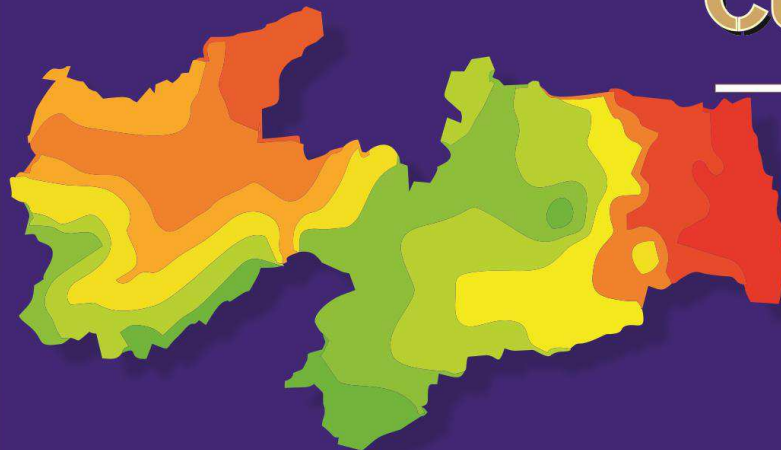


# Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas Agrícolas

---



Paulo Roberto Megna Francisco  
Djail Santos

# **Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas Agrícolas**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do CCA/UFPB

F819c Francisco, Paulo Roberto Megna.  
Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas  
/ Paulo Roberto Megna Francisco, Djail Santos. – Areia: UFPB, 2018.

120 p. : il.

ISBN: 978-85-60307-37-1

1. Climatologia 2. Balanço hídrico 3. Probabilidade 4. Mapeamento  
I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Santos, Djail. III. Título.

CDU: 551.58

**PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO**

**DJAIL SANTOS**

# **Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas Agrícolas**



1.a Edição  
Campina Grande-PB  
2018

### Apoio



Editoração, Arte da Capa e Revisão:  
Paulo Roberto Megna Francisco

1.a Edição  
Campina Grande-PB  
EPGRAF  
2018

## Sumário

|  |     |
|--|-----|
| Introdução .....                                       | 10  |
| Materiais e Métodos .....                              | 15  |
| Caracterização da área de estudo .....                 | 15  |
| Dados utilizados .....                                 | 24  |
| Temperatura do ar .....                                | 26  |
| Pluviosidade .....                                     | 27  |
| Discriminação dos cenários pluviométricos .....        | 28  |
| Aptidão climática .....                                | 32  |
| Parâmetros das principais culturas .....               | 34  |
| Algodão herbáceo ( <i>Gossypium hirsutum</i> ) .....   | 34  |
| Cana de açúcar ( <i>Saccharum ssp</i> ) .....          | 37  |
| Feijão caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp) ..... | 39  |
| Feijão comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) .....       | 42  |
| Mamona ( <i>Ricinus communis</i> L.) .....             | 45  |
| Mandioca ( <i>Maniotoh esculenta</i> Crantz) .....     | 48  |
| Milho ( <i>Zea mays</i> L.) .....                      | 50  |
| Sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> ) .....                 | 54  |
| Resultados .....                                       | 56  |
| Cenários pluviométricos .....                          | 56  |
| Cultura do Algodão herbáceo .....                      | 66  |
| Cultura da Cana de açúcar .....                        | 71  |
| Cultura do Feijão Caupi .....                          | 74  |
| Cultura do Feijão Comum .....                          | 80  |
| Cultura da Mandioca .....                              | 86  |
| Cultura da Mamona .....                                | 90  |
| Cultura do Milho .....                                 | 93  |
| Cultura do Sorgo .....                                 | 98  |
| Referências Bibliográficas .....                       | 104 |

### Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Localização da área de estudo.....  | 17 |
| Figura 2. Temperatura (°C) média anual do Estado da Paraíba dos últimos 30 anos.....  | 18 |
| Figura 3. Pluviosidade anual média dos últimos 102 anos (mm).....   | 19 |
| Figura 4. Média anual de insolação em horas do Estado da Paraíba.....   | 20 |
| Figura 5. Classificação climática de Köppen no Estado da Paraíba.....   | 21 |
| Figura 6. Regiões pluviometricamente homogêneas do Estado da Paraíba.....   | 23 |
| Figura 7. Distribuição espacial dos postos pluviométricos do Estado da Paraíba.....   | 25 |
| Figura 8. Caracterização dos anos secos, regulares e chuvosos, segundo a distribuição dos totais de chuva acumulados nos três meses consecutivos mais chuvosos do posto pluviométrico de Alhandra-região do Litoral (a), Areia-região do Brejo (b), Campina Grande-região do Agreste (c).....         | 58 |
| Figura 9. Caracterização dos anos secos, regulares e chuvosos, segundo a distribuição dos totais de chuva acumulados nos três meses consecutivos mais chuvosos do posto pluviométrico de Cabaceiras-região do Cariri/Curimataú (a), Patos-região do Sertão (b) e Sousa-região do Alto Sertão (c)..... | 59 |
| Figura 10. Cenário pluviométrico para o período seco do Estado da Paraíba.....  | 62 |
| Figura 11. Cenário pluviométrico para o período regular do Estado da Paraíba.....   | 63 |
| Figura 12. Cenário pluviométrico para o período chuvoso do Estado da Paraíba.....   | 64 |
| Figura 13. Aptidão climática para cultura do algodão herbáceo para o cenário seco.....  | 66 |
| Figura 14. Aptidão climática para cultura do algodão herbáceo para o cenário regular.....   | 68 |
| Figura 15. Aptidão climática para cultura do algodão herbáceo para o cenário chuvoso.....   | 70 |
| Figura 16. Aptidão climática para cultura da cana de açúcar.....  | 71 |
| Figura 17. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão caupi para o cenário seco.....  | 75 |
| Figura 18. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão caupi para o cenário regular.....   | 77 |
| Figura 19. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão caupi para o cenário chuvoso.....   | 78 |
| Figura 20. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão comum para o cenário seco.....  | 81 |
| Figura 21. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão comum para o cenário regular.....   | 82 |
| Figura 22. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão comum para o cenário chuvoso.....   | 84 |
| Figura 23. Aptidão climática para cultura da mandioca.....  | 87 |
| Figura 24. Aptidão climática para cultura da mamona.....  | 90 |
| Figura 25. Aptidão climática para cultura do milho para o cenário seco.....   | 93 |
| Figura 26. Aptidão climática para cultura do milho para o cenário regular.....  | 95 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 27. Aptidão climática para cultura do milho para o cenário chuvoso..... | 97  |
| Figura 28. Aptidão climática no cenário seco para a cultura do sorgo.....      | 98  |
| Figura 29. Aptidão climática no cenário regular para a cultura do sorgo.....   | 100 |
| Figura 30. Aptidão climática no cenário chuvoso para a cultura do sorgo.....   | 102 |



**Lista de Tabelas**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1. Classes de aptidão climática .....  | 33 |
| Tabela 2. Classes de aptidão climática para a cultura do algodão herbáceo .....   | 36 |
| Tabela 3. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da cana de açúcar .....   | 38 |
| Tabela 4. Classes de aptidão climática para a cultura do feijão caupi .....   | 41 |
| Tabela 5. Classes de aptidão climática da cultura do feijão comum .....   | 44 |
| Tabela 6. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da mamona .....   | 47 |
| Tabela 7. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da mandioca.....  | 49 |
| Tabela 8. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura do milho .....  | 53 |
| Tabela 9. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura do sorgo.....   | 55 |
| Tabela 10. Ocorrência da probabilidade de anos secos, regulares e chuvosos em milímetros para alguns municípios .....   | 56 |
| Tabela 11. Estatísticas estimadas dos dados e calculadas utilizando os parâmetros estimados da distribuição Gama incompleta e resultados do Teste Kolmogorov-Smirnov .....  | 60 |
| Tabela 12. Estatísticas estimadas dos dados de entrada, calculadas utilizando a Krigagem usando as probabilidades dos anos secos, regulares e chuvosos (25, 50 e 75%) ..... | 65 |
| Tabela 13. Classes de aptidão climática para cultura do algodão herbáceo .....  | 67 |
| Tabela 14. Classes de aptidão climática para cultura da cana de açúcar .....  | 72 |
| Tabela 15. Classes de aptidão climática para cultura do feijão caupi.....   | 74 |
| Tabela 16. Classes de aptidão climática para cultura do feijão comum .....  | 80 |
| Tabela 17. Classes de aptidão climática para a cultura da mandioca .....  | 86 |
| Tabela 18. Classes de aptidão climática para cultura da mamona .....  | 91 |
| Tabela 19. Classes de aptidão climática para cultura do milho .....   | 94 |
| Tabela 20. Classes de aptidão climática para cultura do sorgo.....  | 99 |

## **Apresentação**

Foi com grande prazer que recebi o convite para fazer a apresentação deste livro de autoria de Paulo Megna e Djail Santos. Não só porque os autores são colegas atuantes na temática, mas também porque tive a oportunidade de compartilhar com os mesmos a produção de diversos artigos sobre temas correlatos. É com satisfação que vejo darem continuidade a uma produção científica de qualidade e que será muito importante para o planejamento e a gestão, assim como para o ensino e a pesquisa no Estado da Paraíba.

A temática abordada neste livro é importante em diversos aspectos, tanto os relacionados com a produção agrícola, como também com as questões ambientais. Isso ocorre porque o material produzido fornece subsídios para uma adequada utilização das terras, minimizando os custos e as perdas de produção e evitando a degradação dos solos devido uma exploração inadequada desse importante recurso natural, notadamente para o semiárido paraibano.

Dessa maneira, este livro representa uma importante contribuição para o setor produtivo, assim como para estudantes, professores e pesquisadores da temática.

Foi elaborado com um cuidadoso tratamento dos dados climáticos e com uma adequada representação das informações espaciais, que foram apropriadamente utilizadas e possibilitaram a geração de produtos cartográficos de boa qualidade.

Também houve o cuidado com a apresentação dos parâmetros das culturas trabalhadas e com uma boa discussão, o que naturalmente auxilia no melhor aproveitamento das informações apresentadas, mesmo por quem não tem tanta familiaridade com a temática.

Pelo esforço feito pelos autores da obra, que são pesquisadores com larga experiência na temática e com competência reconhecida, acredito que o material ora apresentado será de ampla consulta e servirá de base para a produção de muitos e importantes trabalhos para o Estado da Paraíba.

João Pessoa, 05 de maio de 2017

**Eduardo Rodrigues Viana de Lima**

Prof. Titular do Departamento de Geociências e dos Programas de Pós-Graduação em Geografia-PPGG e em Desenvolvimento e Meio Ambiente-PRODEMA da Universidade Federal da Paraíba

## Introdução

A agricultura é uma das atividades econômicas que apresenta uma dependência do tempo e do clima. As condições atmosféricas afetam todas as etapas das atividades agrícolas, desde o preparo do solo para o plantio até o armazenamento dos produtos e seu transporte. As condições meteorológicas adversas levam constantemente a graves impactos sociais sem precedentes segundo Souza et al. (2004). A agricultura é uma atividade econômica que por estar sujeita à variabilidade do clima e entre todas as atividades econômicas, é a que mais depende das condições climáticas, sendo a evaporação responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção de acordo com Ortolani e Camargo (1987).

As informações das condições climáticas de uma determinada região são necessárias para que se possam instituir estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, planejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e implementação das práticas agrícolas viáveis e seguras para o meio ambiente e a produtividade agropecuária do Estado da Paraíba (COSTA NETO et al., 2015).

A Paraíba tem como característica climática marcante a irregularidade, tanto espacial quanto temporal, do seu regime de chuvas. De acordo com Ramalho Filho e Pereira (1999), a instabilidade do sistema solo-clima-vegetação é naturalmente mais acentuada que em outras regiões de clima mais ameno, onde a informação sobre a aptidão edáfica das culturas torna-se ainda mais valiosa (MENEZES et al., 2010). Nesse aspecto, o estudo do comportamento espacial de elementos climáticos, como a precipitação, a temperatura e umidade do ar são ferramentas essenciais ao planejamento agrícola e podem ser melhor visualizadas quando mapeadas em áreas de aptidão para a cultura desejada (SILVA et al., 2010).

Conforme Amaral e Silva (2006), um dos fatores ambientais que mais interferem no crescimento e no desenvolvimento das plantas é a temperatura do ar, por afetar a fenologia, a expansão foliar, o alongamento dos inter-nós, a produção de biomassa e a partição de fotoassimilados em diferentes partes da planta (REDDY et al., 1995; SNIDER et al., 2009; ANDRADE JÚNIOR et al., 2009).

O zoneamento climático é de extrema importância para subsidiar a implantação e planejamento de diversas áreas de desenvolvimento socioeconômico e ecológico de uma região (VIANELLO & ALVES, 1991). De acordo com Carvalho et al. (2008) a delimitação das regiões climaticamente homogêneas permite, não só estabelecer os indicadores do potencial do meio físico e biótico para a região em estudo, mas também, juntamente com as delimitações das áreas homogêneas sob o ponto de vista socioeconômico, contribui para o desenvolvimento sustentável da região.

Embora mudanças climáticas ocorram em médio e longo prazo, o zoneamento climático deve ser reavaliado e atualizado constantemente visando obter maiores informações sobre as condições climáticas e, sobretudo, proporcionar maior adequação dos investimentos socioeconômicos na região (CARVALHO et al., 2008).

A produção depende essencialmente do balanço de umidade do solo, que é dependente, da precipitação, temperatura, evaporação, etc. Portanto, o mapeamento de variáveis que compõem o balanço hídrico é fundamental para o planejamento de técnicas do uso da terra e para entender, explicar e prever o crescimento e o desenvolvimento dos recursos naturais, com a finalidade de promover a sua utilização racional. De acordo com Camargo (1971), para saber se uma região apresenta deficiência ou excesso de água durante o ano, é indispensável comparar dois elementos opostos do balanço hídrico: a precipitação que aumenta a umidade do solo e a evapotranspiração que diminui a umidade do solo.

O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, assim, o balanço hídrico permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo. O balanço hídrico (BH) como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos de acordo com Lima (2009).

O Balanço Hídrico (BH) é uma primeira avaliação de uma região, que se determina a contabilização de água de uma determinada camada do solo onde se define os períodos secos e úmidos de um determinado local conforme Reichardt (1990), assim, identificando as áreas onde as culturas e a indústria podem ser exploradas com maior eficácia (BARRETO et al., 2009).

Evapotranspiração terrestre é um dos componentes mais importantes do ciclo hidrológico, afetando o equilíbrio de água na superfície da Terra. É também uma das variáveis meteorológicas que é muito aplicada à tomada de decisão em hidrologia, agroecologia, irrigação e outras áreas afins (FU et al., 2009; RODERICK et al., 2009).

Outra variável meteorológica importante utilizada pelo balanço hídrico é a evapotranspiração, empregada para exprimir a transferência de vapor da água para a atmosfera proveniente de superfícies com vegetação (VAREJÃO-SILVA, 2005). Trabalhos sobre evapotranspiração podem ser encontrados nas suas diversas finalidades. Já os índices climáticos de: aridez (Ia), umidade (Iu) e hídrico (Ih) têm como um dos propósitos a caracterização climática de um local considerado. Esses índices climáticos representam parte dessa caracterização de uma determinada região, obtidos por meio de variáveis do balanço hídrico e da evapotranspiração potencial.

O estudo do comportamento espacial de um determinado elemento climático, como é o caso da precipitação, é fundamental para o mapeamento de áreas de aptidão para agricultura, bem como para o planejamento das atividades agrícolas (SILVA et al., 2010). A incorporação de cenários pluviométricos (anos secos, regulares e chuvosos) a estudos dessa natureza é desejável, pois permite torná-los ajustados e adequados à variabilidade natural das precipitações e às expectativas pluviométricas dos modelos numéricos de previsão climatológica em uso no Brasil (VAREJÃO-SILVA & BARROS, 2001). De acordo com Vieira et al. (2010) a precipitação pluvial de determinado local pode ser estimada, dentre outras formas, em termos probabilísticos, mediante modelos teóricos de distribuição ajustados a uma série de dados.

Na atualidade, com o avanço da informática e a disponibilização de programas computacionais para estudos de análise ambiental, ficou mais fácil e barato, realizar trabalhos visando à gestão dos recursos naturais (DUARTE & BARBOSA, 2009). Conforme Jakob (2002), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações.

A krigagem compreende um conjunto de técnicas geoestatísticas de ajuste usadas para aproximar dados pelo princípio que: fixado um ponto no espaço, os pontos no seu entorno são mais relevantes do que os mais afastados. Isto pressupõe a existência de dependência entre os dados, exigindo saber até onde espacialmente esta correlação importa (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989). A técnica consiste em

estimar valores médios e também uma medida de acuracidade dessa estimativa. Seus pesos são calculados com base na distância entre a amostra e o ponto estimado; na continuidade espacial e no arranjo geométrico do conjunto (BETTINI, 2007).

Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados.

A incorporação de cenários pluviométricos (anos secos, regulares e chuvosos) a estudos dessa natureza é desejável, pois permite torná-los ajustados e adequados à variabilidade natural das precipitações e às expectativas pluviométricas dos modelos numéricos de previsão climatológica em uso no Brasil (VAREJÃO-SILVA & BARROS, 2001).

De acordo com Vieira et al. (2010) a precipitação pluvial de determinado local pode ser estimada, dentre outras formas, em termos probabilísticos, mediante modelos teóricos de distribuição ajustados a uma série de dados. De acordo com Barros et al. (2012) os totais pluviométricos se distribuem assimetricamente na região Nordeste do Brasil, assim, a melhor representação é a gama incompleta, na qual a distribuição é assimétrica (HARGREEAVES, 1973; MOSIÑO, 1981).

Moreira et al. (2010), relatam que diversos estudos indicam a distribuição gama, como o meio probabilístico mais confiável na determinação de totais mensais de precipitação. Segundo os autores, diversos trabalhos utilizaram a distribuição gama, como por exemplo, Murta et al. (2005), Silva et al. (2007) e Sampaio et al. (2007) que utilizaram a distribuição gama, sendo estes estudos aplicados nas diversas áreas. Ainda Moreira et al. (2010), afirmam que as pesquisas realizadas por Dallacort et al. (2005) indicam a distribuição gama, como o meio probabilístico mais confiável na determinação de totais mensais de precipitação na área de modelagem agrometeorológica no planejamento agrícola.

A distribuição de probabilidade gama incompleta tem sido considerada o modelo teórico que melhor ajusta os totais de chuvas mensais para períodos menores, sendo, portanto, o mais utilizado (HARGREEAVES, 1973; FONSECA & ALBUQUERQUE, 1978; ARRUDA E PINTO, 1980; VAREJÃO-SILVA et al., 1984).

O teste de Kolmogorov-Smirnov é baseado no módulo da maior diferença entre a probabilidade observada e a estimada, que é comparada com um valor tabelado de acordo com o número de observações da série sob teste (CATALUNHA et al., 2002). Cargnelutti Filho et al. (2004) afirmam que testes de aderência, como o Kolmogorov-Smirnov, amplamente utilizado (ASSIS et al., 1996), servem para comparar as probabilidades empíricas de uma variável com as probabilidades teóricas estimadas pela função de distribuição em teste, verificando se os valores da amostra podem razoavelmente ser considerados como provenientes de uma população com aquela distribuição teórica. Nos testes de aderência, a hipótese nula ( $H_0$ ) admite que a distribuição seja a especificada (normal, log-normal, gama e outras), com os seus parâmetros estimados com base nos dados amostrais (ASSIS et al., 1996; CATALUNHA et al., 2002).

O teste de Kolmogorov-Smirnov pode ser utilizado tanto para dados agrupados quanto para dados individuais. De acordo com Catalunha et al. (2002) nos dados agrupados não há restrição quanto ao número nem ao valor das classes. É baseado no módulo da maior diferença entre a probabilidade observada e a estimada, que é comparada com um valor tabelado de acordo com o número de observações da série sob teste. Isto evita o aspecto cumulativo dos erros (VIEIRA et al., 2010). O teste de Kolmogorov-Smirnov é bastante utilizado para análise de aderências de distribuições em estudos climáticos conforme Assis et al. (1996) e Catalunha et al. (2002), e por ser um dos mais eficientes e utilizados em estudos sobre interpolação de dados espaciais de acordo com Mello et al. (2003) e Remacre et al. (2008), Araújo et al. (2008), contudo, o seu nível de aprovação de uma distribuição sob teste é muito elevado.

Portanto este trabalho objetiva elaborar o zoneamento da aptidão climática para as principais culturas agrícolas econômicas do Estado da Paraíba, considerando a variabilidade natural do regime pluviométrico, estabelecida em três cenários.

## **Materiais e Métodos**

### **Caracterização da área de estudo**

De acordo com Barros et al. (2012), a região Nordeste apresenta clima semiárido associado a uma vegetação xerófita em cerca de 50% do seu território. Esse clima é caracterizado pelas irregularidades espaciais e temporais do regime de chuvas, com maior destaque nas mesorregiões do agreste e do sertão. Estudos sobre o clima indicam que fenômenos do tipo El Niño - Oscilação Sul (ENOS), e a circulação geral da atmosfera seriam os responsáveis pela ocorrência de baixos totais pluviométricos (NOBRE, 1996; MOLION & BERNARDO, 2002).

No Nordeste Brasileiro (NEB) os principais mecanismos causadores de chuvas são os Sistemas Frontais, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios (MOLION & BERNARDO, 2002). A dinâmica da atmosfera se processa em diferentes escalas de espaço e de tempo, em função da ocorrência de fenômenos que operam em escala global tais como as grandes células de circulação meridional, El Niño/La Niña e Oscilação Sul (ENOS), Dipolo do Atlântico e em fenômenos que se processam regionalmente como no caso das massas de ar e sistemas atmosféricos secundários que são capazes de alterar o funcionamento habitual da circulação geral da atmosfera (VAREJÃO-SILVA, 2006; ARAGÃO, 1998; FRANÇA et al., 2000).

Os principais sistemas responsáveis são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (SERRA, 1941; HASTENRATH & HELLER, 1977), as Frentes Frias (ARAGÃO, 1975; KOUSKY, 1979), os Distúrbios de Leste ou Ondas de Leste (YAMAZAKI & RAO, 1977) e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) (ARAGÃO, 1975; KOUSKY & GAN, 1981).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que é o principal sistema meteorológico provedor de chuvas no setor norte do NEB, onde o Estado da Paraíba está inserido. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro para posições mais ao sul e aproximadamente 4°S, em março-abril (UVO, 1989).

A Frente Fria é outro importante sistema causador de chuvas na Paraíba. A penetração de Frentes Frias até as latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro é responsável pelas chuvas na faixa litorânea da região. As frentes frias são bandas de nuvens



organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, formando nuvens convectivas e estratiformes e conseqüentemente as chuvas (KOUSKY, 1979).

Os distúrbios ondulatórios de leste são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil (FERREIRA, 2005). Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que atingem a região Nordeste do Brasil formam-se no Oceano Atlântico entre os meses de outubro e março e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência durante os meses de janeiro e fevereiro (KOUSKY & GAN, 1981).

A caracterização climática da região Nordeste é um pouco complexa, conforme afirma Silva et al. (2008), pois constitui domínio dos climas quentes de baixas latitudes, apresentando temperaturas médias anuais sempre superiores a 18°C, verificando-se desde territórios mais secos no interior até mais úmidos, na costa leste da região. Conforme Sales e Ramos (2000), em todo o Nordeste brasileiro e no território paraibano, as variações de temperatura do ar dependem mais de condições topográficas locais do que daquelas decorrentes de variações latitudinais.

O Estado da Paraíba localizado na região Nordeste do Brasil (Figura 1), apresenta uma área de 56.372 km<sup>2</sup>, que corresponde a 0,662% do território nacional. 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. Ao norte, limita-se com o Estado do Rio Grande do Norte; a leste, com o Oceano Atlântico; a oeste, com o Estado do Ceará; e ao sul, com o Estado de Pernambuco (FRANCISCO, 2010).

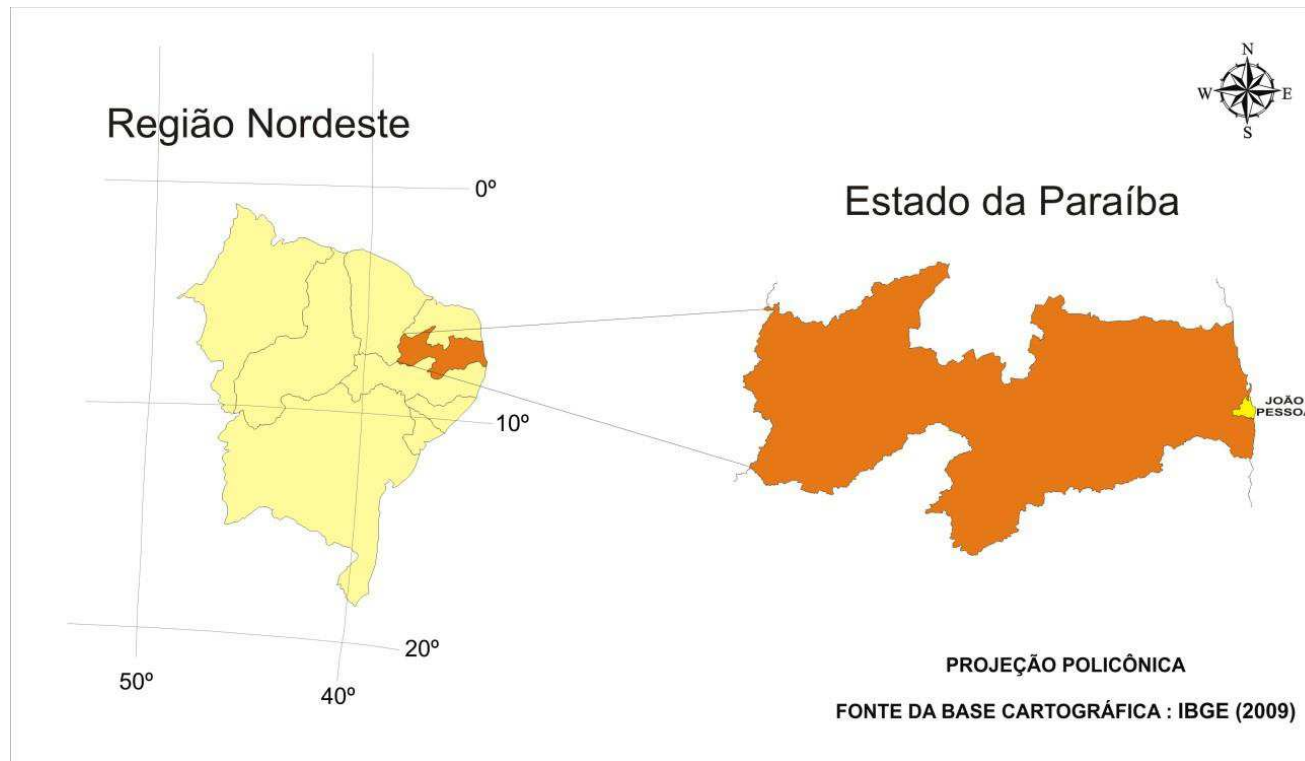


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

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 pouco ou 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 (<700m). A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar aos 1.600mm (VAREJÃO-SILVA et al., 1984). De acordo com Francisco et al. (2015a) os meses com temperaturas mais baixas são os meses de junho, julho e agosto, enquanto os meses mais quentes são outubro, novembro e dezembro no estado como um todo, sendo esses os meses com os menores índices de precipitação pluviométrica, pois é o período mais seco da região (Figura 2).

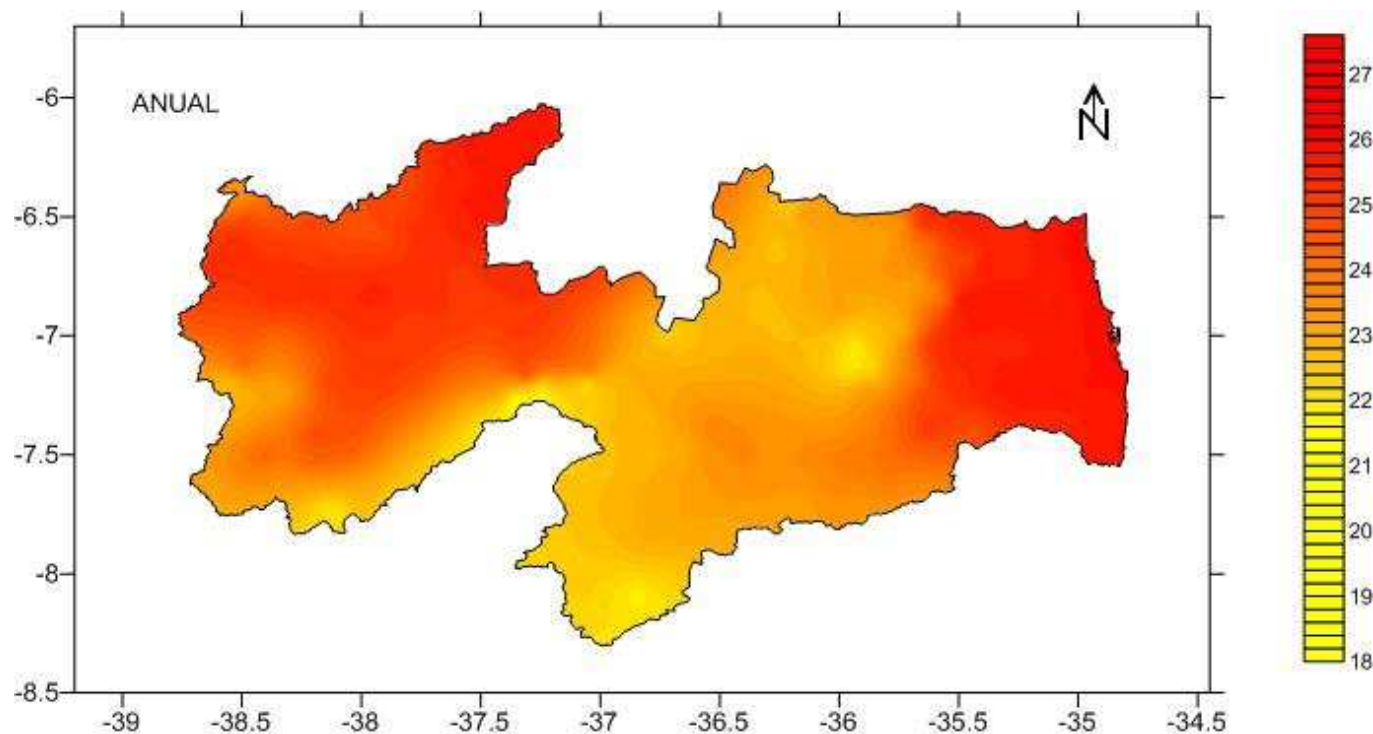


Figura 2. Temperatura (°C) média anual do Estado da Paraíba dos últimos 30 anos. Fonte: Francisco et al. (2015a).

A precipitação varia de 400 a 800 mm anuais, nas regiões interiores semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar aos 1.600 mm (VAREJÃO-SILVA et al., 1984). De acordo com Francisco et al. (2015b) a distribuição da precipitação pluviométrica ocorre de

forma irregular e com grande variação durante todo o ano e sua distribuição anual demonstra a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado com menores valores em torno de 300 a 500mm; no Sertão e Alto Sertão em torno de 700 a 900mm; no Brejo e Agreste de 700 a 1.200mm; e no Litoral em média de 1.200 a 1.600mm (Figura 3).

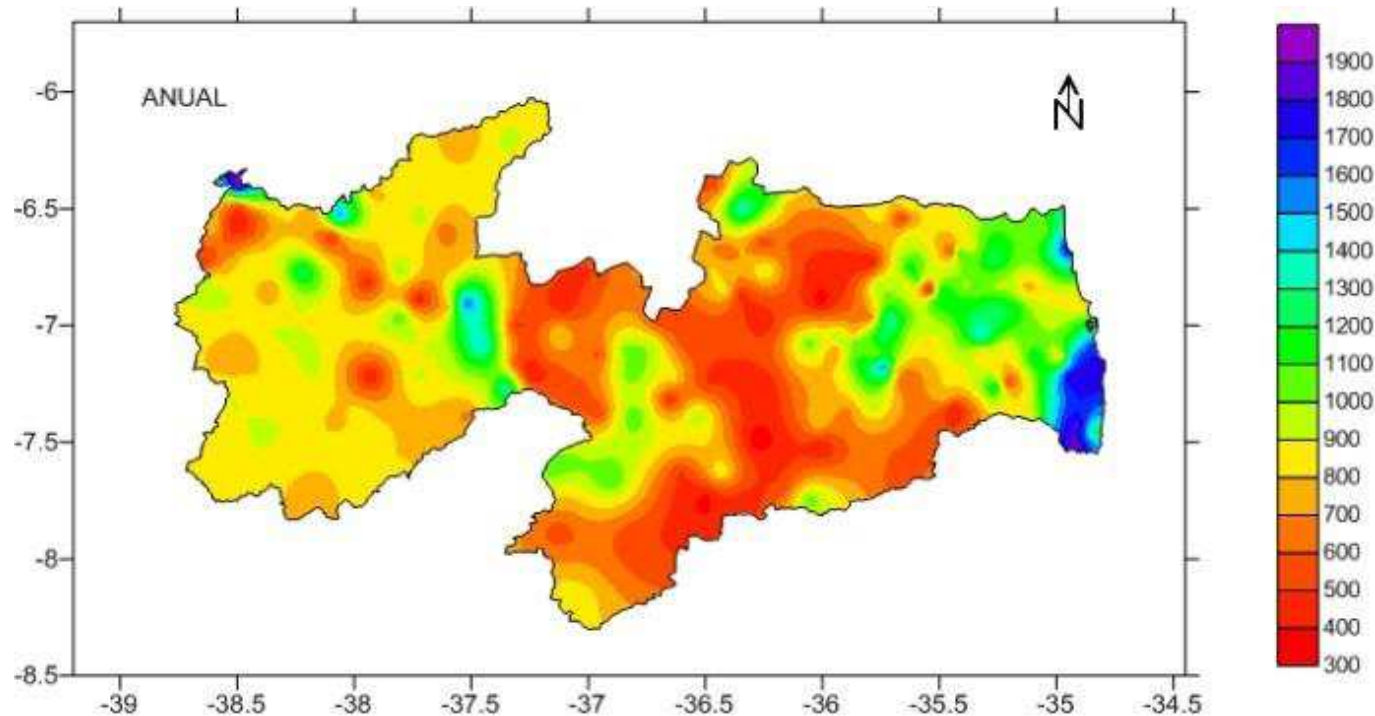


Figura 3. Pluviosidade anual média dos últimos 102 anos (mm). Fonte: Francisco et al. (2015b).

De acordo com PARAÍBA (2006), o Estado da Paraíba, por sua localização dentro da faixa equatorial, é submetido à incidência de alta radiação solar com um grande número de horas de insolação. Tal condição determina um clima quente, temperatura média anual de 26°C, pouca variação interanual e uma distribuição espacial da temperatura altamente dependente do relevo.

Conforme Francisco et al. (2016), no mapa de insolação anual (Figura 4), observam-se valores mínimos de 6 horas diárias na região dos Brejos e Agreste Acatingado, e valores de insolação de 7 horas na região do Litoral, na Borborema, Cariris de Princesa e parte do Sertão do Seridó e valores máximos são observados na região do Sertão com valores diários de 8 horas.

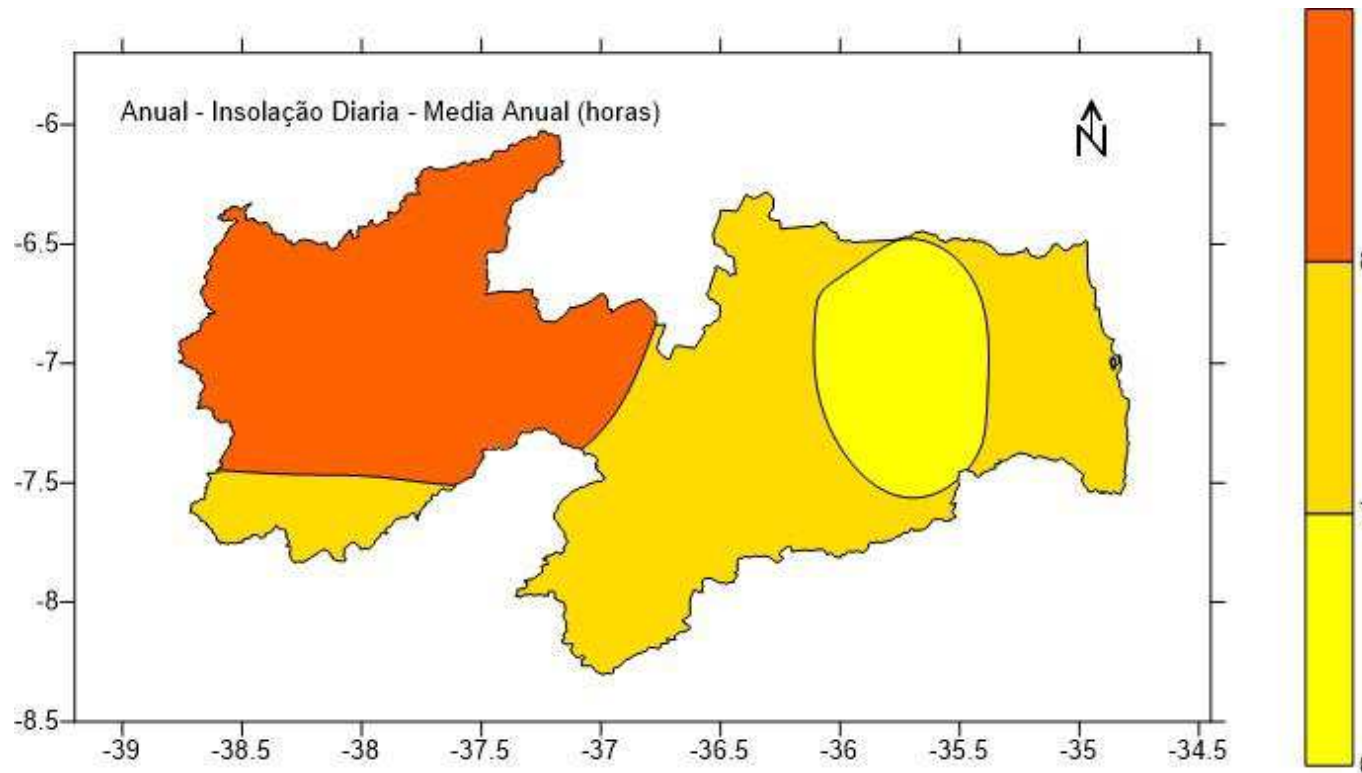


Figura 4. Média anual de insolação em horas do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2016).

Conforme Francisco et al. (2015c), o Estado da Paraíba apresenta, de acordo com a classificação climática de Köppen, quatro tipos diferentes de clima. O clima Aw, que caracteriza a região do Litoral norte como Tropical com estação seca no inverno, o clima Am no Litoral norte e Sul do Estado, o tipo climático As dominam em sua maioria nas regiões de parte do Litoral, Brejo, Agreste e em pequena faixa da

região do Sertão e em toda área do Alto Sertão. O tipo climático Bsh é predominante na área do Cariri/Curimataú, e boa parte da área do Sertão (Figura 5).

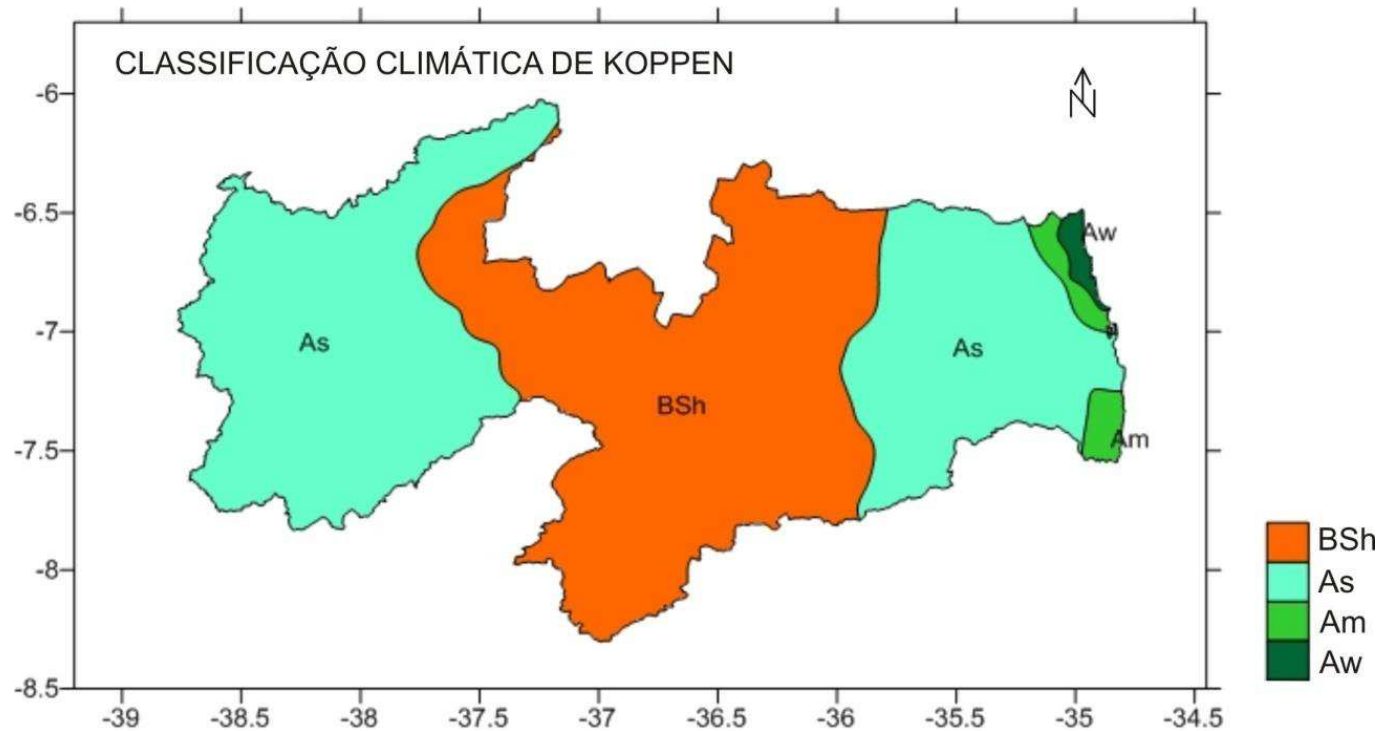


Figura 5. Classificação climática de Köppen no Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2015c).

De acordo com Francisco et al. (2015c), a classificação de Thornthwaite em relação a de a classificação de Köppen, demonstra ser muito mais sensível aos montantes de chuva, temperatura e ao relevo, por resultar em um número maior de tipos de clima, nesse caso totalizando 6 tipos: Dda'a' – Semiárido, localizado na região do Cariri ao sul do Estado e no Curimataú ao norte e na região do Alto Sertão;

C1S2A'a' seco e subúmido com grande deficiência distribuída por toda região semiárida; e os tipos C2rA'a', C2W2Sa', C2SA'a' e C2rA'a' úmido e subúmido de pequena a moderada deficiência distribuída na região do Litoral.

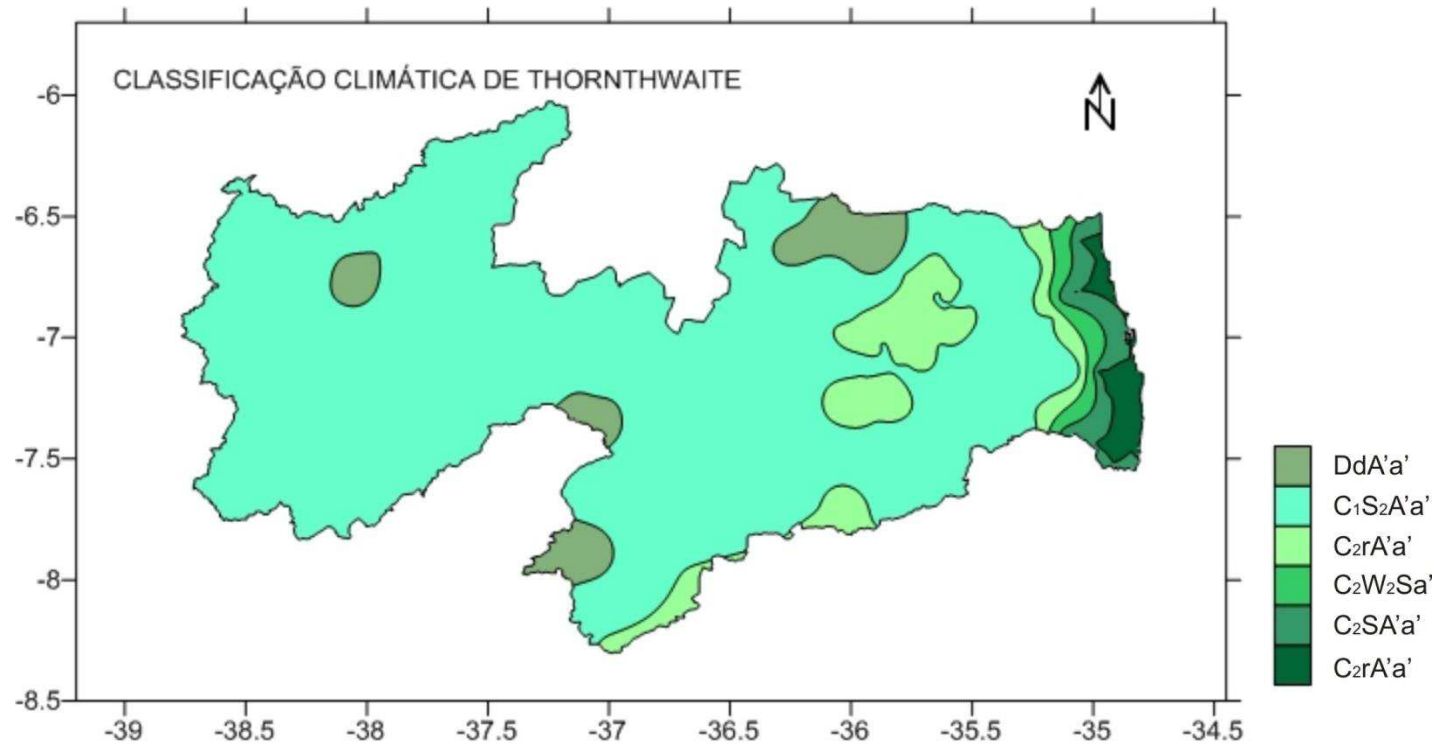


Figura 4. Classificação climática de Thornthwaite do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2015c).

O Estado da Paraíba é caracterizado por dois regimes de chuvas, um correspondente de fevereiro a maio, regiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri/Curimataú, e o outro de abril a julho no Agreste, Brejo e Litoral. Tais regiões homogêneas foram determinadas por Braga e Silva (1990) através de técnicas objetivas de análise multivariada, estendidas por Silva (1996), distribuídas no Litoral, Brejo, Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão (Figura 6).

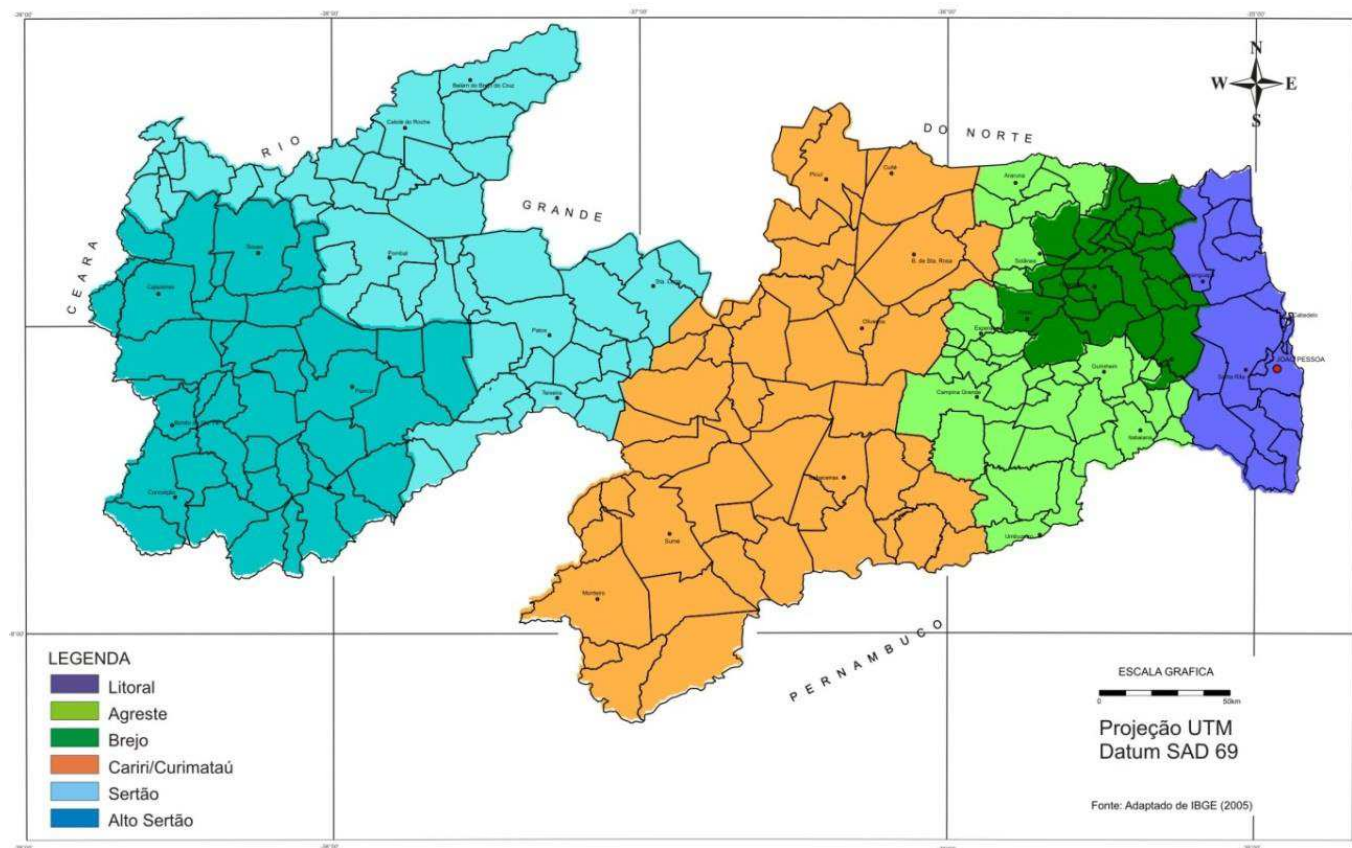


Figura 6. Regiões pluviometricamente homogêneas do Estado da Paraíba. Fonte: Adaptado de Silva et al. (2004).



**Dados utilizados**

Na metodologia de trabalho utilizaram-se os totais mensais de precipitações obtidos nos postos pluviométricos da Rede Básica do Nordeste, implantados inicialmente pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), posteriormente em 1992 foi transferida para a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAPB) (Figura 7).

Os postos selecionados foram aqueles que possuem vinte ou mais anos de observações, tal fato da escolha foi para unificação de intervalos entre os postos, vistos que os espaçamentos dos postos são amplos.

A utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série, além das séries já publicadas pela SUDENE até o ano de 1985. Não foi possível adotar, neste trabalho, um período de observação comum a todas as localidades, haja vista a diferença do número de anos e/ou mesmo do número de postos que tal procedimento acarretaria, devido a diferença de início da operação desses postos. Assim, para cada localidade com série de observação igual ou superior a vinte anos, foi considerado para o período disponível, independente do início.

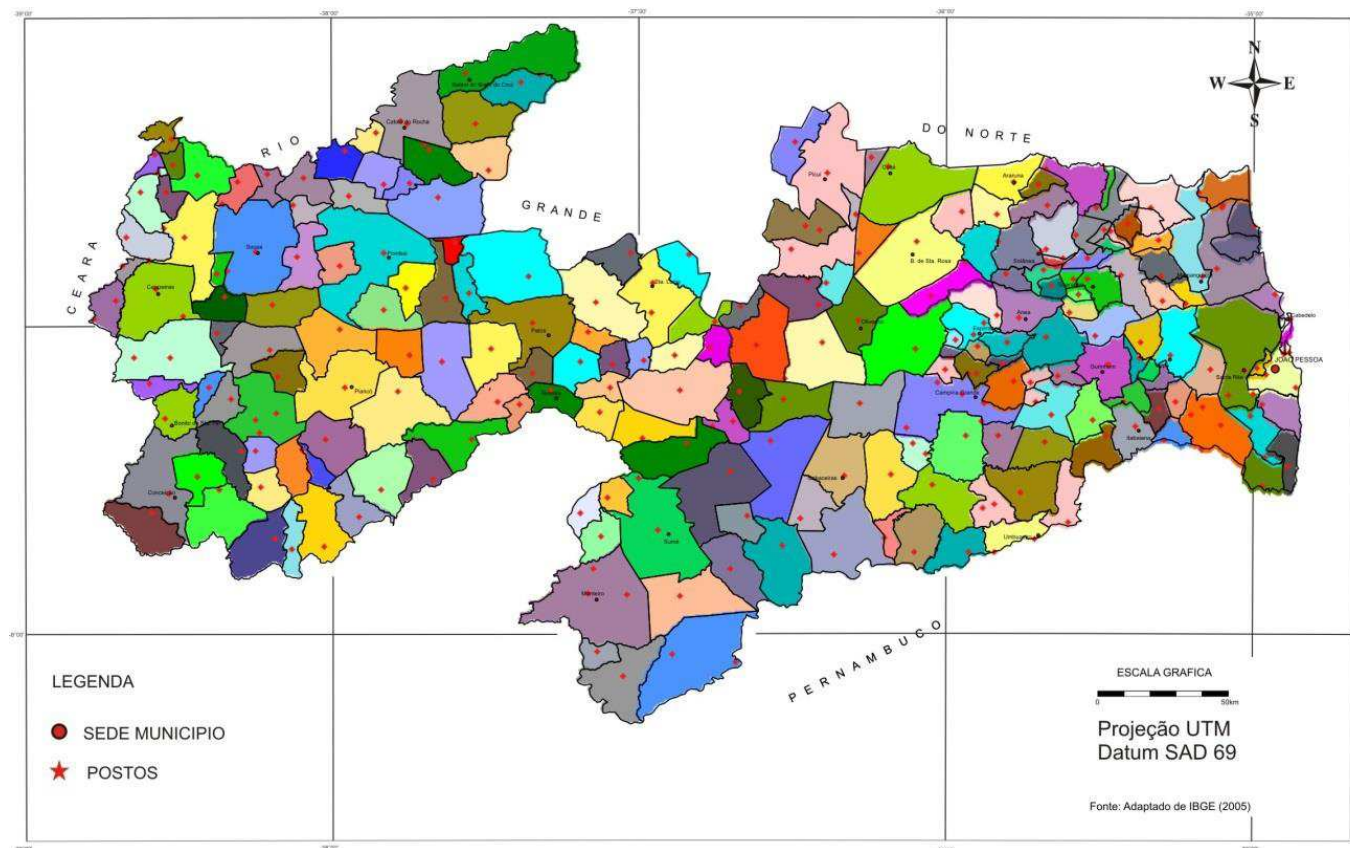


Figura 7. Distribuição espacial dos postos pluviométricos do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2015).

## Temperatura do ar

Na Paraíba, a baixa concentração espacial de locais com registros de temperatura do ar é uma limitação que restringe o cálculo do balanço hídrico climatológico de algumas localidades. Conforme Varejão-Silva (2006), o número pequeno de estações meteorológicas, torna baixa a densidade das informações disponíveis sobre a temperatura, dificultando a caracterização do campo térmico. Ainda de acordo Varejão-Silva (2006), embora existam longas séries de dados de temperatura do ar disponíveis para algumas localidades de certa região, pode não haver nenhum registro exatamente daquela localidade em que se está interessado em estudar. Outro fator diz respeito ao número de estações meteorológicas que é pequeno, tornando baixa a densidade das informações disponíveis sobre a temperatura, dificultando a caracterização do campo térmico. Estas situações são muito frequentes na prática e estimulam as concepções de técnicas que busquem estimar a temperatura em locais onde não há dados.

Na elaboração deste trabalho, foi necessário estimar as médias mensais de temperatura do ar naqueles locais onde apenas se dispunham de dados de chuva. Na metodologia adotada foram utilizados valores da temperatura média do ar dos últimos 30 anos estimados pelo software Estima\_T (CAVALCANTI & SILVA, 1994; CAVALCANTI et al., 2006). O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal, em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude dada por:

$$T = C_0 + C_1 \lambda + C_2 \varnothing + C_3 h + C_4 \lambda^2 + C_5 \varnothing^2 + C_6 h^2 + C_7 \lambda \varnothing + C_8 \lambda h + C_9 \varnothing h \quad (1)$$

Onde:  $C_0, C_1, \dots, C_9$  são as constantes;  $\lambda, \lambda^2, \lambda \varnothing, \lambda h$  longitude;  $\varnothing, \varnothing^2, \lambda \varnothing$  latitude;  $h, h^2, \lambda h, \varnothing h$  altura.

Utilizando o software Surfer 9.0 foi realizada a estatística utilizando a krigagem, onde foram confeccionados os mapas mensais e o mapa anual das médias, e todos recortados utilizando-se o limite do Estado da Paraíba conforme IBGE (2009).

**Pluviosidade**

Na elaboração deste trabalho de pluviosidade foi utilizada a metodologia proposta por Barros et al. (2012) e adaptada para o Estado da Paraíba por Francisco et al. (2015a), onde se utilizaram os totais mensais de precipitações obtidos nos postos pluviométricos da Rede Básica do Nordeste, implantados inicialmente pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), posteriormente em 1992 a Rede Pluviométrica foi repassada ao Estado da Paraíba para a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAPB). Os postos selecionados foram aqueles que possuem trinta (30) ou mais anos de observações, tal fato da escolha foi para unificação de intervalos entre os postos, vistos que os espaçamentos dos postos são amplos.

A utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série (município a município), além das séries já publicadas pela SUDENE até o ano de 1985. Não foi possível adotar, neste trabalho, um período de observação comum a todas as localidades, haja vista a drástica diferença do número de anos e/ou mesmo do número de postos que tal procedimento acarretaria, devido a diferença de início da operação desses postos. Assim, para cada localidade com série de observação igual ou superior a trinta anos, foi considerado para o período disponível, independente do início.

Foi elaborada uma planilha eletrônica com os dados obtidos e após calculada as médias mensais e anuais. Utilizando o software Surfer 9.0 foi elaborada a estatística utilizando a krigagem e produzido os mapas mensais e o mapa anual das médias, e todos recortados utilizando-se o limite do Estado da Paraíba (IBGE, 2009).

### **Discriminação dos cenários pluviométricos**

De acordo com Barros et al. (2012), o clima exerce influência sobre todos os estágios da cadeia de produção agrícola, incluindo o preparo do solo, a semeadura, o crescimento e desenvolvimento das culturas, a colheita, o armazenamento, o transporte e a comercialização. Todos os processos relacionados à produção agrícola apresentam um determinado limite climático para que a produção seja econômica e sustentável. Ao analisar o ambiente, nos quais as culturas e os animais se desenvolvem, devem ser consideradas as inter-relações entre o clima, o solo e a vegetação, pois uma condição pode influenciar na outra. Além disso, compreender o clima propicia entender aptidões para as mais diversas formas de uso e manejo da terra nas peculiaridades das regiões, as quais desempenham diferentes funções nas atividades socioeconômicas do Estado.

A incorporação de cenários pluviométricos, anos secos, regulares e chuvosos a estudos dessa natureza é desejável, pois permite torná-los ajustados e adequados à variabilidade natural das precipitações e às expectativas pluviométricas dos modelos numéricos de previsão climatológica em uso no Brasil (VAREJÃO-SILVA & BARROS, 2001).

Conforme Vieira et al. (2010), a precipitação pluvial de determinado local pode ser estimada, dentre outras formas, em termos probabilísticos, mediante modelos teóricos de distribuição ajustados a uma série de dados. De acordo com Barros et al. (2012) os totais pluviométricos se distribuem assimetricamente na região Nordeste do Brasil, assim, a melhor representação é a gama incompleta, na qual a distribuição é assimétrica (HARGREEAVES, 1973; MOSIÑO & MIRANDA, 1981).

Moreira et al. (2010), relatam que diversos estudos indicam a distribuição gama, como o meio probabilístico mais confiável na determinação de totais mensais de precipitação. Os autores pesquisaram em vários trabalhos de Murta et al. (2005), Silva et al. (2007), Sampaio et al. (2007) e Lima et al. (2008) que utilizaram a distribuição gama, sendo estes estudos aplicados nas diversas áreas.

Cargnelutti Filho et al. (2004) afirma que testes de aderência, como o Kolmogorov-Smirnov, amplamente utilizado (ASSIS et al., 1996), serve para comparar as probabilidades empíricas de uma variável com as probabilidades teóricas estimadas pela função de distribuição em teste, verificando se os valores da amostra podem razoavelmente ser considerados como provenientes de uma população

com aquela distribuição teórica. Nos testes de aderência, a hipótese nula ( $H_0$ ) admite que a distribuição seja a especificada (normal, log-normal, gama e outras), com os seus parâmetros estimados com base nos dados amostrais (ASSIS et al., 1996; CATALUNHA et al., 2002).

O teste de Kolmogorov-Smirnov pode ser usado tanto para dados agrupados quanto para dados individuais. De acordo com Catalunha et al. (2002) nos dados agrupados não há restrição quanto ao número nem ao valor das classes. É baseado no módulo da maior diferença entre a probabilidade observada e a estimada, que é comparada com um valor tabelado de acordo com o número de observações da série sob teste. Isto evita o aspecto cumulativo dos erros (Vieira et al., 2010). O teste de Kolmogorov-Smirnov é bastante utilizado para análise de aderências de distribuições em estudos climáticos (ASSIS et al., 1996; CATALUNHA et al., 2002), contudo, o seu nível de aprovação de uma distribuição sob teste é muito elevado.

Neste trabalho foi utilizada a metodologia de Francisco et al. (2016a) onde a utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série (município a município), além das séries já publicadas pela SUDENE até o ano de 1985. Não foi possível adotar, neste trabalho, um período de observação comum a todas as localidades, haja vista a diferença do número de anos e/ou mesmo do número de postos que tal procedimento acarretaria, devido a diferença de início da operação desses postos. Assim, para cada localidade com série de observação igual ou superior a trinta anos, foi considerado para o período disponível, independente do início. Após foi elaborada uma planilha eletrônica com os dados obtidos e após calculada as médias mensais e anuais.

Para a determinação dos diferentes níveis de probabilidade de precipitação foi realizado com auxílio do modelo probabilístico de distribuição Gama incompleta (THOM, 1958). Sua função densidade de probabilidade é dada pela Equação 2.

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (2)$$

Onde: a = parâmetro de forma (adimensional); b = parâmetro de escala (mm); e = base do logaritmo neperiano; x = total de precipitação (mm) e;  $\Gamma$  = símbolos da função gama, definida conforme a equação 3.

$$\Gamma(\alpha + 1) = \sqrt{2\pi\alpha} \alpha^\alpha e^\alpha \left(1 + \frac{1}{12\alpha} + \frac{1}{288\alpha^2} - \frac{1}{51840\alpha^3}\right) \quad (3)$$

Um dos métodos frequentemente empregados é o método dos momentos, que iguala a média ( $X$ ) e a variância ( $S^2$ ) da amostra a média e a variância da população, sendo determinado pelas equações 4 e 5 (ASSIS et al., 1996).

$$x = \frac{X^2}{S^2} \quad (4)$$

$$\beta = \frac{S^2}{X} \quad (5)$$

Em que:  $X$  = precipitação média do período (mm);  $S^2$  = Variância (mm<sup>2</sup>).

Posteriormente, o ajuste das distribuições foi avaliado pelo teste Kolmogorov-Smirnov a 95% de significância. A estatística do teste é dada por  $D$ , representando a diferença máxima entre as funções acumuladas de probabilidade teórica ( $F(x)$ ) e empírica ( $F(a)$ ), o teste apresenta a seguinte Equação 6:

$$D = \text{máx} |f(x) - f(a)| \quad (6)$$

A discriminação dos cenários pluviométricos seguiu a metodologia proposta por Varejão e Barros (2002). Para cada posto pluviométrico, foi estabelecido o total de precipitação pluviométrica registrado nos três meses consecutivos mais chuvosos de cada ano hidrológico completo. Em seguida, a distribuição gama incompleta (ASSIS et al., 1996), seguindo a conceituação de Thom (1958), foi ajustada à série desses totais em cada posto, seguindo a metodologia indicada por Mielke (1976) e utilizada por Barros et al. (2012).

A qualidade do ajustamento da curva teórica aos valores observados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (MASSEY, 1980) ao nível de significância de 95%.

Esses mesmos critérios foram aplicados em todas as séries pluviométricas. Como a curva de distribuição da chuva acumulada nos três meses consecutivos mais chuvosos é específica para cada posto, os valores correspondentes às probabilidades de 25, 50 e 75% também são específicos de cada posto (VAREJÃO-SILVA, 2001).

Os conjuntos dos anos secos, regulares e chuvosos de cada posto foram utilizados para obter as correspondentes médias mensais dos totais pluviométricos, necessárias para caracterizar os respectivos cenários.

Os critérios para discriminar os anos hidrológicos de cada posto pluviométrico foram enquadrados em uma das categorias indicadas (VAREJÃO-SILVA, 2000):

- a) Anos secos - aqueles em que o total de precipitação, acumulado nos três meses consecutivos mais chuvosos, for igual ou menor que o valor correspondente à probabilidade de 25%;
- b) Anos chuvosos - aqueles cujo total de precipitação, acumulado nos três meses consecutivos mais chuvosos, é superior ao valor correspondente à probabilidade de 75%;
- c) Anos regulares - todos aqueles anos não classificados nas duas categorias anteriores.

A aplicação dos critérios acima citados e a verificação do ajuste da função de distribuição de probabilidade gama incompleta aos dados de precipitação de todos os postos pluviométricos usados no estudo, com a conseqüente caracterização dos cenários pluviométricos, foram processadas por meio do programa XLSTAT 2015.5.01 Free Trial. Para a verificação do ajuste dos dados de precipitação à função de distribuição de probabilidade gama, utilizou-se o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 95% de probabilidade (ASSIS et al., 1996).



## **Aptidão climática**

O clima é formado por vários elementos como radiação solar, precipitação pluviométrica, temperatura do ar, umidade do ar, vento, pressão atmosférica, evaporação entre outros, onde é importante analisar a ação desses no ambiente (OLIVEIRA et al., 2014). De acordo com Barros et al. (2012), o clima exerce influência sobre todos os estágios da cadeia de produção agrícola, e apresentam um determinado limite climático para que a produção seja econômica e sustentável. Em estudos de aptidão climática de culturas, a fenologia das plantas é indispensável, sobretudo na avaliação das interações solo-planta-clima. A caracterização dos eventos fenológicos permite identificar todo o desenvolvimento das plantas a fim de estabelecer relações com as condições do ambiente (BERGAMASCHI & MATZENAUER, 2009).

Conforme Barros et al. (2012), as culturas agrícolas apresentam potencialidades fisiológicas de adaptação diferentes, as quais são expressões da adaptabilidade ao ambiente. Algumas plantas mostram elevada eficiência no uso do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e da água, sendo extremamente importante em ambientes com estresses múltiplos, como ocorre no Nordeste.

De acordo com Pereira et al. (2002) a disponibilidade energética e de água são os dois fatores físicos de ordem edafoclimático a determinar o crescimento e o desenvolvimento das plantas e sua produtividade. Conforme Barros et al. (2012) o estudo das relações entre esses fatores e os processos biofísicos que ocorrem no sistema solo-planta-atmosfera torna possível a caracterização das exigências climáticas das culturas agrícolas e a delimitação de áreas potenciais para seu pleno crescimento e desenvolvimento.

Conforme Thornthwaite e Mather (1955), a caracterização das exigências climáticas para as culturas é realizada a partir de índices que sintetizam os elementos climáticos, tais como a temperatura do ar, a insolação e a precipitação pluviométrica. Às vezes, torna-se mais prático utilizar as variáveis obtidas do balanço hídrico climatológico, notadamente os índices de aridez, hídrico e de umidade.

Neste trabalho foi elaborado o Balanço Hídrico Climatológico para a Capacidade de Campo onde método de Thornthwaite foi utilizado para calcular o balanço hídrico climatológico (BHC) de cada localidade, considerando-se a capacidade média de armazenamento de água no solo (CAD) de acordo com as exigências edafoclimáticas da cultura.

No caso das culturas de período vegetativo longo, foram utilizados os índices de umidade (Iu), hídrico (Ih) e de aridez (Ia) provenientes dos balanços hídricos, onde os quais sintetizam as exigências da cultura quanto à disponibilidade de água. Além dos índices, foram utilizados um ou mais dos seguintes parâmetros anuais: EXC- estimativa do excedente hídrico anual/mensal (mm); DEF - estimativa da deficiência hídrica anual/mensal (mm).

Em culturas de ciclo curto foram utilizados elementos do evapopluiograma para cada localidade conforme Barros et al. (2012) de acordo com o cenário pluviométrico, que considera as exigências das plantas separadamente em cada mês do seu ciclo vegetativo, expressas em termos de um ou mais dos seguintes parâmetros mensais:

Pm/EPT - relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial no mês m;

EXCm - estimativa do excedente hídrico no mês m; e

DEFm - estimativa da deficiência hídrica no mês m.

Quando a altitude e a temperatura do ar constituíram fatores limitantes da produção, ou ao pleno desenvolvimento da cultura, estas variáveis foram utilizadas para análise da aptidão climática.

As classes prováveis encontradas foram classificadas conforme Barros et al. (2012) (Tabela 1) como: Plena sem restrição (C1); Plena com Período Chuvoso Prolongado (C2); Moderada por Excesso Hídrico (C3); Moderada por Deficiência Hídrica (C4); e Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5).

Tabela 1. Classes de aptidão climática

| <b>Legenda</b> | <b>Aptidão Climática</b>                 |
|----------------|--|
| C1             | Plena sem restrição                      |
| C2             | Plena com período chuvoso prolongado     |
| C3             | Moderada por excesso hídrico             |
| C4             | Moderada por deficiência hídrica         |
| C5             | Inapta por deficiência hídrica acentuada |

Fonte: Barros et al. (2012).

## **Parâmetros das principais culturas**

### **Algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum*)**

O cultivo do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*) se constitui uma atividade de grande importância socioeconômica para a região nordeste, principalmente no semiárido, permitindo renda ao produtor, seja na oferta de matéria prima para a indústria têxtil e oleaginosa, seja na geração de empregos e renda, onde é explorada por pequenos e médios agricultores. A produção de algodão é uma atividade importante para agricultura familiar no semiárido, devido suas características de resistência à seca (CARMONA et al., 2005).

O algodão é uma planta de origem tropical e é cultivado economicamente em países subtropicais acima da latitude de 30°N até 30°S. É considerada uma planta com elevada capacidade de resistência à seca, apesar de apresentar metabolismo fotossintético do tipo C3 ineficiente, com elevada taxa de fotorrespiração, e que reduz substancialmente o coeficiente fotossintético (BELTRÃO, 2006), comprometendo cerca de 38% da fotossíntese (ROSOLEM, 2007). Seu crescimento é marcado por uma complexa morfologia, em que órgãos vegetativos e reprodutivos se desenvolvem simultaneamente, dificultando o monitoramento do seu crescimento em resposta a alterações climáticas.

Para alcançar altas produtividades e qualidade de fibra o algodoeiro requer boa disponibilidade de água e temperaturas adequadas, sendo imprescindível a avaliação das condições de solo, temperatura e pluviosidade antes do plantio. A água é o principal fator limitante à cultura que necessita de 550 a 1500mm de precipitação durante o ciclo, podendo necessitar de mais de 10mm de água por dia (100 t de água/ha por dia), quando se encontra em processo de floração e enchimento dos frutos. Em geral, a cultura requer água suficiente para permitir pelo menos 700mm de evapotranspiração durante o ciclo de forma a manter produtividades acima de 2000 kg ha<sup>-1</sup> (TENNAKON & MILROY, 2003).

Altas demandas evaporativas retardam o crescimento, tornando também o controle da temperatura e da umidade relativa um grande desafio à produção. De fato, qualquer fator que provoque redução na fotossíntese ou aumento no gasto metabólico provocará queda

das estruturas reprodutivas e consequente redução na produtividade do algodoeiro (ROSOLEM, 2007). O algodão exige umidade no solo durante a germinação da semente, para o início do desenvolvimento das plântulas e, notadamente para o período compreendido entre a formação dos primeiros botões florais ao início da abertura dos frutos. Entretanto, o encharcamento do solo, em qualquer fase da vida provoca avermelhamento, perda de frutos e redução da produção (ANDRADE JÚNIOR et al., 2009). A planta é particularmente sensível a baixa luminosidade, sendo necessário insolação em 2.500 horas luz/ano, em torno de 6,5 horas/dia como mínimo e umidade relativa do ar inferior a 70%. Ao final do ciclo, o algodoeiro exige um período seco para possibilitar a perfeita secagem do fruto e sua deiscência. Chuvas intensas nessa fase podem causar o acamamento das plantas o que, durante a floração, provoca queda dos botões florais e das maçãs jovens (LACA-BUENDIA et al., 1997; BARROS et al., 2012).

Assim, a temperatura é outro importante fator limitante à produtividade. Durante a fase de desenvolvimento das flores, inúmeros processos, como o desenvolvimento do pólen e fertilização são reduzidos em temperaturas superiores a 32°C (SNIDER & OOSTERHUIS, 2012). A germinação do algodoeiro é favorecida na faixa entre 20 e 30°C. Temperaturas médias do ar entre 27 e 32°C são ideais para o crescimento, desenvolvimento e retenção dos frutos. Porém, acima de 35°C, ocorre elevada queda dos botões florais e de frutos jovens (shedding) (REDDY et al., 1995; ROSOLEM, 2007; SNIDER et al., 2009), o que reduz substancialmente a capacidade produtiva das plantas. No semiárido, o estresse devido às altas temperaturas é um fator que ocorre com maior frequência a partir do início do desenvolvimento vegetativo do algodoeiro, podendo resultar em decréscimo de área foliar, diminuição da produção total de matéria seca (REDDY et al., 1995) e, aumento da proporção de ramos vegetativos (SNIDER & KAWAKAMI, 2014).

Os critérios discriminantes utilizados neste trabalho para identificar as potencialidades climáticas relacionadas ao cultivo do algodoeiro herbáceo foram de acordo com a metodologia utilizada por Barros et al. (2012), onde levaram em conta a relação entre a precipitação (P) e a evapotranspiração (ET<sub>o</sub>) em cada mês *i* (*i* = 1, 2, 3) do ciclo vegetativo, parâmetro mais conveniente que o emprego tradicional do índice de vegetação mensal.

As classes de aptidão climática foram utilizadas de acordo com a Tabela 2. A condição complementar adotada para a aptidão plena foi que, o quarto mês após o plantio fosse seco, exatamente para possibilitar que se completasse a maturação das sementes e a subsequente deiscência do fruto.

Tabela 2. Classes de aptidão climática para a cultura do algodão herbáceo

| <b>Aptidão Climática</b>                      | <b>P<sub>i</sub>/ET<sub>o</sub><sub>i</sub></b>          |
|---|--|
| Moderada por excesso hídrico - C3             | ≥ 2,5  |
| Plena com período chuvoso prolongado - C2     | 2,5 > P <sub>i</sub> /ET <sub>o</sub> <sub>i</sub> ≥ 1,5 |
| Plena sem restrição - C1                      | 1,5 > P <sub>i</sub> /ET <sub>o</sub> <sub>i</sub> ≥ 1,0 |
| Moderada por deficiência hídrica - C4         | 1,0 > P <sub>i</sub> /ET <sub>o</sub> <sub>i</sub> ≥ 0,7 |
| Inapta por deficiência hídrica acentuada - C5 | P <sub>i</sub> /ET <sub>o</sub> <sub>i</sub> < 0,7       |

Fonte: Adaptado de Barros et al. (2012).

**Cana de açúcar (*Saccharum ssp*)**

A cana de açúcar (*Saccharum ssp*) é originária da Ásia Meridional, geralmente, cultivada em países tropicais e subtropicais para obtenção do açúcar, álcool e aguardente (WALDHEIM, 2006). Atualmente, a cana de açúcar ocupa, no País, mais de 7 milhões de hectares, sendo o Brasil o maior produtor mundial, seguido pela Índia, Tailândia e Austrália (UNICA, 2009). A cana de açúcar é cultivada entre as latitudes de 36°N e 31°S, desde o nível do mar até 1.000 m de altitude. Essencialmente é considerada como uma planta tropical e tem o seu ciclo vegetativo longo, permanecendo no campo durante todas as estações do ano e, por isso, sua produtividade é bastante influenciada pelo clima (VAREJÃO-SILVA & BARROS, 2001).

De acordo com Barros et al. (2012) os principais componentes climáticos que controlam o crescimento, a produção e a qualidade da cana de açúcar são a disponibilidade hídrica adequada e bem distribuída, seguida de meses relativamente secos, indispensáveis à formação de sacarose, a radiação solar e a temperatura do solo e do ar. Se bem distribuída, um total de chuva entre 1.100 e 1.500mm é adequado para a cultura, principalmente nos meses de crescimento vegetativo, seguido por um período relativamente mais seco de amadurecimento. Dos elementos climáticos a temperatura é um dos mais importantes para a produção de cana de açúcar. A planta, geralmente, é tolerante a altas temperaturas, produzindo em regiões com temperatura média de verão de 35°C.

A agricultura é uma das atividades econômicas que apresenta uma dependência do tempo e do clima (SOUZA et al., 2004). O clima é fator que mais influência na produtividade da cana de açúcar (IDE & OLIVEIRA, 1986; BARBIERI, 1993). No caso da cana de açúcar, vários autores têm demonstrado a importância dos elementos climáticos na produtividade da cultura, como temperatura do ar, insolação e chuva (DOORENBOS & KASSAM, 1994; MARCHIORI, 2004; MORAES & BASTOS, 1972).

De acordo com Machado (2008), no Brasil, pela grande extensão do seu território encontram-se as mais variadas condições climáticas para a lavoura canavieira. Independentemente da região produtora, a cultura da cana de açúcar é exigente, sobretudo, de chuva nas fases de crescimento e desenvolvimento e de um período de restrição hídrica ou térmica na fase de maturação para favorecer o acúmulo de sacarose. Conforme Crispim (2006), de forma geral, pode-se dizer que o clima ideal é aquele que apresenta duas estações

distintas, uma quente e úmida, para proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguido de outra fria e seca, para favorecer a maturação.

De acordo com Barros et al. (2012), os principais componentes climáticos que controlam o crescimento, a produção e a qualidade da cana-de-açúcar são a disponibilidade hídrica adequada e bem distribuída, seguida de meses relativamente secos, indispensáveis à formação de sacarose, a radiação solar e a temperatura do solo e do ar. Se bem distribuída, um total de chuva entre 1.100 e 1.500mm é adequado para a cultura, principalmente nos meses de crescimento vegetativo, seguido por um período relativamente mais seco de amadurecimento. Dos elementos climáticos a temperatura é um dos mais importantes para a produção de cana-de-açúcar. A planta, geralmente, é tolerante a altas temperaturas, produzindo em regiões com temperatura média de verão de 35°C.

Para avaliação de aptidão climática da cultura da cana de açúcar foram utilizados os critérios conforme a metodologia adaptada de Barros et al. (2012), onde o índice efetivo de umidade (Iu) foi utilizado como parâmetro e adaptado dos critérios utilizados por Camargo et al. (1977) e Varejão-Silva e Barros (2002) (Tabela 3).

Tabela 3. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da cana de açúcar

| <b>Aptidão Climática</b>                      | <b>Índice de umidade (Iu)</b> |
|---|-------------------------------|
| Moderada por excesso hídrico – C3             | $Iu \geq 40$                  |
| Plena com período chuvoso prolongado – C2     | $10 < Iu \leq 40$             |
| Plena sem restrição – C1                      | $0 < Iu \leq 10$              |
| Moderada por deficiência hídrica – C4         | $-10 < Iu \leq 0$             |
| Inapta por deficiência hídrica acentuada – C5 | $Iu \leq -10$                 |

Fonte: Adaptado de Barros et al. (2012).

**Feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp)**

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa que apresenta grande rusticidade e excelente adaptação às condições de clima e solo da região Nordeste. É utilizado na alimentação humana e cultivado nas áreas áridas e semiáridas do Nordeste, onde constitui alimento básico para a população (FREIRE FILHO, 2000).

Em outras regiões do país, difundiu-se como hortaliça, na produção de grãos verdes para alimentação humana e, na alimentação animal, é consumida naturalmente ou como feno, consistindo em uma excelente fonte de proteínas, apresenta todos os aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas (CARDOSO et al., 1994). De acordo com Granjeiro et al. (2005) constitui uma das principais fontes de proteína vegetal, em média de 23 a 25%, apresentando todos os aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e minerais, não contendo colesterol e possuindo ainda grande quantidade de fibras dietéticas e baixa quantidade de gordura, notadamente para as populações de menor poder aquisitivo.

Devido às suas características de rusticidade e variabilidade genética, é uma espécie de grande valor estratégico, principalmente em áreas que apresentam escassez hídrica. Tendo como habitat as regiões de clima quente, úmida ou semiárida, o feijão caupi é cultivado nas regiões Norte e Nordeste do país.

De acordo com Barros et al. (2012), no Nordeste a melhor época de semeadura do feijão caupi, para as variedades de ciclo médio (80 a 90 dias), é o início do período chuvoso de cada região. Para as variedades precoces (70 a 80 dias) o ideal é semear nos dois meses antes do término do período chuvoso. Com isso a colheita pode ser realizada em períodos secos, com melhor qualidade do produto final.

Conforme EMBRAPA (2003), a cultura do feijão caupi exige em torno de 400 a 500 mm de precipitação pluviométrica, distribuídos regularmente durante o ciclo vegetativo da cultura, para se alcançar maiores produtividades e sem a necessidade de irrigação suplementar. Dependendo da cultivar utilizada, a cultura tolera ocorrências de déficit hídrico apenas no início de seu desenvolvimento, sendo considerada resistente à seca.



De acordo com Barros et al. (2012), Leite et al. (1997) e Bastos (2012), médias mensais de temperatura do ar entre 21 e 30°C, durante o ciclo vegetativo da cultura, constituem a faixa térmica ideal para um bom desenvolvimento da planta. Temperaturas muito elevadas podem causar o abortamento de flores. Temperaturas baixas, inferiores a 19°C, influenciam negativamente na produtividade do feijão caupi, retardando o aparecimento de flores e aumentando o ciclo da cultura. Conforme Doorenbos e Pruit (1976), o período de florescimento e formação das vagens são mais críticos à falta de água, sendo importante, nesse período, adequada umidade do solo para se alcançar boa produção. Segundo Heinemann (2009), independente da magnitude do estresse hídrico, cultivares de feijoeiro responde diferente durante a floração. Assim, a produção de grãos pode diminuir na medida em que os números de dias de estresse aumentam. A cultura do feijão caupi também é sensível à umidade do solo excessiva, principalmente na fase de desenvolvimento da cultura.

De acordo com Barros et al. (2012) considerado  $j$  como um mês do período vegetativo ( $j = 1, 2, 3$ ), os critérios discriminantes utilizados para aptidão do feijão caupi foram os seguintes:

a) Moderado por excesso hídrico, quando o excedente hídrico acumulado nos três meses iniciais do ciclo ultrapassa 180 mm ( $\sum EXC_j > 180$  mm) ou ocorrerem dois meses consecutivos com excedente superior a 70 mm em cada um deles;

b) Aptidão plena, mas com pequeno excesso hídrico na época da colheita ( $P_4/EP_4 \geq 0,75$ ), sendo possível o cultivo nas áreas com drenagem adequada;

c) Aptidão plena, sem limitações hídricas para o cultivo com excedente hídrico no mês de plantio nulo ou positivo ( $EXC_1 \geq 0$ ), deficiência hídrica igual ou inferior a 5 mm nos demais meses do período vegetativo ( $DEF_{2,3} \leq 5$  mm), seguindo-se um mês seco ( $P_4/EP_4 < 0,75$ );

d) Aptidão moderada por deficiência hídrica ( $EXC_1 \geq 0$  mm;  $DEF_{2,3} < 25$  mm e  $P_4/EP_4 < 0,75$ ) e/ou ( $EXC_1 \geq 0$  mm;  $25 \leq DEF_{2,3} < 40$  mm e  $P_4/EP_4 < 0,75$ );

e) Inaptidão climática, por deficiência hídrica acentuada ( $DEF_1 > 0$  mm e/ou  $DEF_2$  ou  $DEF_3 \geq 40$  mm).

As classes foram classificadas conforme Barros et al. (2012) de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4. Classes de aptidão climática para a cultura do feijão caupi

| <b>Legenda</b> | <b>Aptidão Climática</b>                 |
|----------------|--|
| C1             | Plena                                    |
| C2             | Plena com período chuvoso prolongado     |
| C3             | Moderada por excesso hídrico             |
| C4             | Moderada por deficiência hídrica         |
| C5             | Inapta por deficiência hídrica acentuada |

Fonte: Barros et al. (2012).

**Feijão comum (*Phaseolus vulgaris*)**

O Brasil é o segundo produtor mundial de feijão do gênero *Phaseolus* e o primeiro na espécie *Phaseolus vulgaris* L. (IBGE, 2010). O Brasil tem ocupado nos últimos anos, o primeiro lugar na produção e consumo mundial de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (FAO, 2010). De acordo com Bonett et al. (2006), o feijão é cultivado em praticamente todos os Estados brasileiros, nas diferentes épocas de semeadura e mais variadas condições edafoclimáticas. O feijão é uma das principais culturas de subsistência da região Nordeste do Brasil, integrando a dieta das populações de baixa renda que residem na zona rural (FREIRE FILHO et al., 2005). Por ser uma excelente fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura (2% de óleo em média) e não conter colesterol; é uma opção importante nos programas públicos centrados na melhoria da qualidade de vidas das populações (MARQUES et al., 2000).

De acordo com Vieira et al. (2008) e Lacerda et al. (2010) essa leguminosa é considerada uma planta muito exigente em condições climáticas, tendo seu desenvolvimento e produção diretamente afetada pelas temperaturas e índices pluviométricos extremos. Guimarães (1992) relata que o feijoeiro é considerado uma planta sensível ao estresse hídrico, principalmente em virtude da baixa capacidade de recuperação após a deficiência hídrica e com sistema radicular pouco desenvolvido.

O ciclo vegetativo do feijoeiro varia entre 75 e 110 dias, dependendo da latitude e altitude (KLUTHCOUSKI et al., 2009). De acordo com Moreira et al. (1988), o consumo de água pelo feijoeiro depende do estágio de desenvolvimento, das condições do solo, época de cultivo e das condições climáticas durante todo o ciclo. Conforme Doorenbos e Kassam (1979) a necessidade de água do feijoeiro com ciclo de 60 a 120 dias, varia entre 300 a 500mm para obtenção de alta produtividade. De acordo com Barros et al. (2012) o feijão comum é uma planta sensível ao excesso hídrico do solo e a umidade excessiva do ar, sobretudo porque favorece o aparecimento de doenças radiculares e aéreas de origem fúngica. De fato, por apresentar um sistema radicular relativamente curto, um período relativamente longo de encharcamento do solo pode prejudicar o sistema radicular devido ao apodrecimento das raízes. Chuvas prolongadas no período de desenvolvimento da cultura e, principalmente, durante a colheita, provocam redução na produtividade atrasa a colheita e provoca o

acamamento das plantas, refletindo em baixo rendimento e na baixa qualidade dos grãos (HEINEMANN et al., 2009). Conforme Barros et al. (2012) a cultura do feijão comum é cultivada principalmente por pequenos produtores com uso reduzido de tecnologia, e é um dos principais alimentos da população brasileira, especialmente a de baixa renda.

Segundo Silva e Steinmetz (2003), a temperatura do ar pode ser considerada o elemento climático que mais exerce influência no vingamento de vagens, e, de maneira geral, faz referência ao efeito prejudicial das altas temperaturas sobre o florescimento e a frutificação do feijoeiro. De acordo com EMBRAPA (2005) para que o feijoeiro alcance seu rendimento potencial é necessário que a temperatura do ar apresente valores mínimos, ótimo e máximo de 12°C, 21°C e 29°C, respectivamente. Contudo, regiões que apresentam valores de temperaturas do ar noturnas altas provocam maiores prejuízos ao rendimento do feijoeiro, devido ao abortamento de flores.

A produtividade do feijoeiro também está muito condicionada à disponibilidade de água no solo, podendo reduzir o rendimento em diferentes proporções de acordo com as diferentes fases do ciclo da cultura. As fases de floração e desenvolvimento de grãos parecem ser as mais afetadas por períodos de estresse hídrico (DOORENBOS & PRUIT, 1976).

De acordo com Barros et al. (2012) considerado  $j$  como um mês do período vegetativo ( $j = 1, 2, 3$ ), os critérios discriminantes utilizados para aptidão do feijão comum foram os seguintes:

a) Moderado por excesso hídrico, quando o excedente hídrico acumulado nos três meses iniciais do ciclo ultrapassa 150 mm ( $\sum EXC_j > 150$  mm) ou ocorrerem dois meses consecutivos ( $k$ ) com excedente superior a 50 mm em cada um deles ( $EXC_k > 50$  mm);

b) Aptidão plena, mas com pequeno excesso hídrico na época da colheita ( $P_4/EP_4 \geq 0,75$ ), podendo prejudicar a colheita e secagem de grãos, sendo possível o cultivo nas áreas com drenagem adequada;

c) Aptidão plena, melhores áreas para o cultivo em relação à disponibilidade hídrica ( $EXC_1 \geq 10$  mm;  $DEF_{2,3} < 5$  mm e  $P_4/EP_4 < 0,75$ );

d) Aptidão moderada por deficiência hídrica ( $EXC_1 \geq 0$  mm;  $DEF_{2,3} < 15$  mm e  $P_4/EP_4 < 0,75$ ) e/ou ( $EXC_1 \geq 0$  mm;  $DEF_{2,3} < 30$  mm e  $P_4/EP_4 < 0,75$ );

e) Inaptidão climática, por deficiência hídrica acentuada ( $DEF_1 \geq 0$  mm e/ou  $DEF_{2,3} \geq 30$  mm).

As classes foram classificadas conforme Barros et al. (2012) de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5. Classes de aptidão climática da cultura do feijão comum

| <b>Legenda</b> | <b>Aptidão Climática</b>                 |
|----------------|--|
| C1             | Plena                                    |
| C2             | Plena com período chuvoso prolongado     |
| C3             | Moderada por excesso hídrico             |
| C4             | Moderada por deficiência hídrica         |
| C5             | Inapta por deficiência hídrica acentuada |

Fonte: Barros et al. (2012).

**Mamona (*Ricinus communis* L.)**

A mamona (*Ricinus communis* L.), pertence à família Euphorbiaceae, que engloba um vasto número de espécies nativas da região tropical e possui origem discutida (BRITO NETO et al., 2008), provavelmente originária da África, explorada comercialmente entre as latitudes 40°N e 40°S (ARAÚJO et al., 2000) é classificada como uma planta xerófila, de clima tropical e subtropical, e seu cultivo tem sido intensificado fora até mesmo dos trópicos e subtrópicos (SOUZA et al., 2009).

Conhecida como carrapateira esta cultura é muito difundida em todo o Brasil. De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2014) a cultura da mamoneira reveste-se de importância pelas várias aplicações do óleo extraído de suas amêndoas, cujos teores variam de 43 a 49%, dependendo da variedade e da região.

A mamoneira é uma oleaginosa de relevante importância econômica, apresentando inúmeras aplicações na área industrial e com perspectivas de utilização como fonte de energia (SOUZA et al., 2009), sendo muito empregada na extração de óleo, para lubrificação de motores e na fabricação de tinta, verniz, plástico, saboaria, perfumaria, entre outros (AZEVEDO & LIMA, 2001).

De acordo com Weiss (1983) e citado por Severino et al. (2006), a mamoneira é uma planta basicamente perene e semitropical que cresce em regiões temperadas de clima ameno e regiões tropicais, e floresce em condições climáticas tão diversas que não se pode facilmente definir os limites. Quando cultivada por pequenos agricultores pode ser plantada em grande diversidade de solos, ambientes e climas e esta é uma das maiores vantagens da mamoneira, pois uma cultura de produto de fácil comercialização pode ser produzida com baixo nível tecnológico (WEISS, 1983).

Entre as espécies cultivadas economicamente no Brasil, a mamoneira é uma das menos exigentes em termos de clima, solo e manejo cultural (AMORIM NETO et al., 2001). De acordo com o MAPA (2014) a planta apresenta tolerância à seca sendo uma boa alternativa de cultivo em diversas regiões do país. Atualmente apresenta-se como cultura de importância estratégica para a economia do Nordeste, sobretudo nos ambientes de clima semiárido (BARROS et al., 2012). Araújo et al. (2000), estudando os municípios aptos para o cultivo da mamona na Paraíba, relativos às safras 1990 a 1997, observou o potencial produtivo em nível superior à média nacional.

A mamona é uma planta de clima tropical e por isso prefere locais de temperatura do ar variando entre 20 e 30°C, precipitações pluviais mínimas de 500mm, elevada insolação, e baixa umidade relativa do ar, durante a maior parte do seu ciclo (BELTRÃO et al., 2003). De acordo com o MAPA (2014) a faixa de temperatura para obtenção de produções economicamente viáveis situa-se entre 20 a 30°C, com ótimo em torno de 30°C. Temperaturas superiores a 40°C provocam abortamento das flores, reversão sexual das flores femininas e masculinas e redução substancial do teor de óleo das sementes de conformidade com dados de Pereira et al. (2003); Silva (1983); Beltrão et al. (2009). Conforme Barros et al. (2012), altas temperaturas noturnas promovem o intenso metabolismo respiratório das plantas durante a noite, consumindo as reservas acumuladas durante o dia por meio da fotossíntese.

De acordo com Barros et al. (2012) a mamona é considerada uma espécie de dias longos e o seu desenvolvimento é beneficiado em fotoperíodos maiores que 12 horas. O ótimo ecológico da cultura da mamona apresenta temperatura do a 23°C, chuvas em torno de 1.000 mm.ano<sup>-1</sup>, mas pode variar entre 500 a 1.600 mm.ano<sup>-1</sup>, bem distribuídos para se obter rendimentos em torno de 1.500 kg.ha<sup>-1</sup> (BELTRÃO & SILVA, 1999).

Beltrão et al. (2009) afirma que embora a mamoeira apresente tolerância ao estresse hídrico, a cultura requer pelo menos 500mm durante o seu ciclo. De acordo com Távora (1982), a precipitação pluviométrica apropriada durante a fase vegetativa até o início da floração é de 400 a 500mm. O excesso hídrico é prejudicial em qualquer período de crescimento da cultura, mas o excesso durante a frutificação pode causar significativa redução da qualidade e na produtividade, devido à possibilidade dos frutos apodrecerem nos cachos (MAPA, 2014).

De acordo com Wrege et al. (2007) admite-se que chuvas superiores a 1.500mm são consideradas excessivas, principalmente quando se concentram em períodos curtos, podendo causar diversos danos à cultura, tais como hipoxia nas raízes, queda de frutos e ou favorecer a ocorrência de doenças. A época de semeadura adequada é aquela em que se aproveita ao máximo o período chuvoso, mas realiza-se a colheita no período seco.

Beltrão et al. (2009) afirma que a altitude tem sido um dos critérios utilizados para a realização do zoneamento da mamoneira, no qual se considera o ótimo ecológico para expressão do seu potencial produtivo na faixa de 300 a 1.500 m de altitude. No entanto, de acordo

com Barros et al. (2012) trabalhos desenvolvidos por Cerqueira (2008) demonstrou também o bom desempenho de cultivares em baixas altitudes. Anjos e Silva et al. (2004) também citam trabalhos que indicam rendimentos superiores para a cultura, quando comparado com outras regiões do Brasil.

Para avaliação de aptidão climática da cultura da mamona foram utilizados os critérios conforme a metodologia adaptada de Barros et al. (2012), onde o índice efetivo de umidade (Iu) foi utilizado como parâmetro (Tabela 6).

Tabela 6. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da mamona

| <b>Legenda</b> | <b>Aptidão Climática</b>                 | <b>Índice de umidade (Iu)</b> |
|----------------|--|-------------------------------|
| C3             | Moderada por excesso hídrico             | $Iu \geq 20$                  |
| C2             | Plena com período chuvoso prolongado     | $-10 < Iu \leq 20$            |
| C1             | Plena                                    | $-20 < Iu \leq -10$           |
| C4             | Moderada por deficiência hídrica         | $-40 < Iu \leq -20$           |
| C5             | Inapta por deficiência hídrica acentuada | $Iu \leq -40$                 |

Fonte: Adaptado de Barros et al. (2012).



**Mandioca (*ManiOTH esculenta Crantz*)**

De acordo com Souza e Souza (2000) a mandioca é oriunda de região tropical, encontrando condições favoráveis para o seu desenvolvimento em todos os climas tropicais e subtropicais, sendo cultivada na faixa compreendida entre 30° de latitudes norte e sul, embora a concentração de plantio esteja entre as latitudes 15°N e 15°S. Altitudes que variam desde o nível do mar até 800 m são as mais favoráveis.

A temperatura média do ar ideal situa-se entre os limites de 20 a 27°C, mas produz bem na faixa de temperatura de 16 a 38°C (SOUZA & SOUZA, 2000). A faixa mais adequada de precipitação pluvial para a mandioca está compreendida entre 1.000 e 1.500 mm.ano<sup>-1</sup>. Em regiões tropicais, a cultura produz em locais com totais pluviométricos anuais de até 4.000 mm.ano<sup>-1</sup>, sem estação seca em nenhum período do ano, sendo importante que os solos sejam bem drenados, pois o encharcamento promove a podridão de raízes. Em regiões semiáridas, com 500 a 700mm de chuva por ano, é necessário adequar a época de plantio ao período chuvoso para que não ocorra deficiência de água nos primeiros cinco meses de cultivo (SOUZA & SOUZA, 2000; CAVALCANTE, 2005). No caso de ocorrência de deficiência hídrica no solo, a planta pode apresentar estado de dormência, perdendo as folhas completamente, e encurtando os espaços internodais, mas recupera-se nas primeiras chuvas (BARROS et al., 2012).

Barros et al. (2012) salienta que, em muitos casos, a colheita da mandioca é geralmente realizada 14 a 16 meses após o plantio, e dependendo da época, pode incorrer em problemas de colheita devido ao excesso hídrico. Na região Nordeste do Brasil uma das principais justificativas para a baixa produtividade da mandioca é a deficiência hídrica, podendo a produção de raízes sofrer redução de até 62% se o estresse ocorrer entre 30 e 150 dias após o plantio (FUKUDA & IGLESIAS, 1995). El-Sharkawy et al. (1989), em seus resultados cita a grande resistência da mandioca à deficiência hídrica.

Conforme IBGE (2005), na distribuição da produção pelas diferentes regiões fisiográficas brasileiras, para a safra 2005, a região Nordeste destacou-se com uma participação de 35,9% da produção, com rendimento médio de 10,9 t/ha (CARDOSO et al., 2005). De acordo com dados do IBGE (2013) da Produção Agrícola Municipal de 2013 e a Embrapa- Mandioca e Fruticultura (EMBRAPA, 2016), a produção

de mandioca em 2013 na Paraíba foi de 14.796 ha de área colhida com uma produção de 135.052 toneladas com rendimento de 9,13 t/ha. Conforme Arruda et al. (2014), o Brasil é um dos grandes produtores de mandioca, representando mais de 15% da produção mundial, e que a produção brasileira nos últimos anos vem apresentando crescimento constante, totalizando, no ano de 2006, mais de 27 milhões de toneladas (IBGE, 2006).

Melo et al. (2005) afirmam que a baixa qualidade da farinha de mandioca produzida na região semiárida e a dificuldade de acesso desse produto aos mercados mais exigentes têm desestimulado a produção do mesmo. Entretanto, para os produtores familiares, além de ser um importante produto utilizado no fornecimento de carboidratos, os resíduos do processamento da farinha, ou mesmo as raízes e a parte aérea podem ser utilizadas na alimentação dos pequenos animais, os quais desempenham importante papel na complementação da renda e nas estratégias de segurança alimentar.

Para calcular o balanço hídrico climatológico (BHC) de cada localidade foi considerando 125mm como sendo a capacidade média de armazenamento de água no solo, que de acordo com Barros et al. (2012) grande parte do sistema radicular da mandioca encontra-se nesta profundidade.

Utilizando a metodologia de Barros et al. (2012), o índice efetivo de umidade (Iu) foi utilizado como um dos critérios de seleção dos ambientes com aptidão climática para a cultura. Além do índice efetivo de umidade, a altitude e a deficiência hídrica anual foram consideradas de forma indireta na avaliação das limitações para o seu cultivo em escala comercial descritos na Tabela 7.

Tabela 7. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da mandioca

| <b>Aptidão Climática</b>                 | <b>Índice de umidade (Iu)</b> |
|--|-------------------------------|
| Moderada por excesso hídrico             | $Iu \geq 40$                  |
| Plena com período chuvoso prolongado     | $-10 < Iu \leq 40$            |
| Plena (sem restrição)                    | $-35 < Iu \leq -10$           |
| Moderada por deficiência hídrica         | $-45 < Iu \leq -35$           |
| Inapta por deficiência hídrica acentuada | $Iu \leq -45$                 |

Fonte: Adaptado de Barros et al. (2012).

**Milho (*Zea mays L.*)**

Em toda extensão territorial brasileira, o milho (*Zea mays L.*) é cultivado, destacando-se das demais culturas e ocupando assim a segunda maior área cultivada do país (CONAB, 2007). No Brasil, o milho constitui uma das principais culturas agrícolas. De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola do IBGE (2015), a produção nacional de grãos no ano de 2014 foi de aproximadamente 79 milhões de toneladas. De acordo com Silva et al. (2012) essa cultura é importante na composição de silagem e rações, sendo a principal fonte de energia na dieta de rebanhos bovinos, caprinos, ovinos e na avicultura, e também para alimentação humana

A cultura do milho apresenta pouca tolerância à falta de água. Cultivado em diversos sistemas produtivos, o milho é plantado principalmente nas regiões do Centro-Oeste, Sudeste e Sul. No Nordeste do Brasil os rendimentos da cultura são muito baixos, cultivado por pequenos agricultores que utilizam pouco ou nenhum recurso tecnológico. Entretanto, apesar dos baixos rendimentos, o milho é um cereal tradicional e apresenta aspectos culturais e históricos na região (BARROS et al., 2012).

A irregularidade pluviométrica torna o cultivo agrícola de sequeiro uma atividade de alto risco. Com isso, semiárido brasileiro possui sua capacidade produtiva limitada, por causa das características intrínsecas em relação à vegetação, clima e solo (CAVALCANTI & RESENDE, 2001).

Quanto ao clima, os fatores que afetam o crescimento da cultura de milho variam com a região. Nas regiões temperadas e subtropicais, a limitação maior se deve à temperatura do ar e a radiação solar. No Nordeste, destacam-se a precipitação, a temperatura e a evapotranspiração, pois afetam as atividades fisiológicas, interferindo diretamente na produção de grãos e de matéria seca (SILVA et al., 2012).

Pela continentalidade do Brasil, observa-se que os fatores que afetam o crescimento da cultura de milho variam com a região. Nas regiões temperadas e subtropicais, a maior limitação se deve à temperatura do ar e a radiação solar. No Nordeste destacam-se a precipitação, a temperatura e a evapotranspiração da cultura. A radiação solar, a precipitação e a temperatura são os fatores de maior

influência no desenvolvimento do milho, afetam as atividades fisiológicas que interferem diretamente na produção de grãos e de matéria seca (EMBRAPA, 1996; BARROS et al., 2012).

De acordo com Bevilacqua (2012), a radiação solar é essencial para o desenvolvimento do milho, pois sem este o processo fotossintético é inibido e conseqüentemente ocorre redução na produção (MALDANER et al., 2014).

A temperatura do ar ideal está entre 25 e 30°C. Temperaturas do ar superiores a 35°C provocam a diminuição da atividade da redutase do nitrato, causando queda de rendimento e da composição proteica do grão, temperaturas superiores a 33°C durante a polinização reduz sensivelmente a germinação do grão de pólen; e temperaturas noturnas superiores a 24°C proporcionam um aumento da respiração, de tal forma que a taxa de fotossimilados diminui e, com isso, reduz a produção (LANDAU et al., 2011).

Caso o solo tenha umidade suficiente o milho se desenvolve bem em altas temperaturas. A temperatura para germinação até a maturação deve ficar próxima dos 25°C (EMBRAPA, 2004).

Para a obtenção de boas produtividades a cultura do milho necessita de precipitação pluvial acima de 500 mm durante o ciclo; temperatura média diária acima de 19°C e temperatura média noturna acima de 12,8°C e abaixo de 25°C; temperaturas, no período, próximo e durante o florescimento, entre 15°C a 30°C e ausência de déficit hídrico (MAPA, 2014).

O milho é cultivado em regiões com precipitação de 400 mm anuais, caso do semiárido nordestino, com baixíssimos rendimentos, a valores superiores a 1.500mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida pelo milho durante o seu ciclo está em torno de 600 a 800 mm (ALDRICH et al., 1982), consistindo em uma das culturas mais afetadas pela variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica.

De acordo com EMBRAPA (2004), o milho necessita de no mínimo 350 a 500mm de chuva por ciclo, pluviometria menores irá exigir o uso de irrigação, sendo que a precipitação ideal gira em torno de 500 a 800mm Porém, de acordo com Bergamaschi et al. (2006), a necessidade hídrica do milho varia de 200 a 400mm para o ciclo completo, mas estes valores variam com os diferentes locais e épocas de plantio.

A produção de grãos é drasticamente afetada por períodos curtos de estiagem (veranicos), principalmente quando ocorre nas fases críticas do estágio de desenvolvimento da cultura, do pendoamento a fase de enchimento de grãos. Portanto, conhecer os períodos de escassez hídrica consecutivos é fundamental na delimitação das áreas com aptidão climática para a cultura (BARROS et al., 2012).

A cultura está entre as de maior consumo de água. A deficiência hídrica na planta é quase diária, em função da alta demanda evaporativa da atmosfera, notadamente nas regiões tropicais, onde as taxas de transpiração são elevadas. Nos dias mais quentes, a planta perde mais água do que consegue absorver, mesmo em condições de disponibilidade de água no solo. A escassez hídrica na planta afeta todos os processos relacionados com seu desenvolvimento (TAIZ & ZAIGER, 2000).

Para avaliação de aptidão climática da cultura do milho que tem o ciclo vegetativo curto, foram utilizados os critérios conforme a metodologia adaptada de Barros et al. (2012) e utilizada por Silva et al. (2012), onde foi elaborado o evapopluviograma para cada localidade, empregados seus elementos que leva em consideração as exigências da cultura, separadamente em cada mês do seu ciclo vegetativo, expressas em termos de um ou mais dos seguintes parâmetros mensais:

Pm/EPm - Relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial no mês m;

EXCm - Estimativa do excedente hídrico no mês m; e

DEFm - Estimativa da deficiência hídrica no mês m.

Os critérios utilizados para caracterizar os graus de aptidão climática do milho foram obtidos a partir do balanço hídrico climatológico mensal (VAREJÃO SILVA & BARROS, 2002). Foram usados os índices: j = 1, 2 e 3 (cumulativo), para designar os três meses iniciais do ciclo; e i = 1, 2 ou 3 (não cumulativo) para indicar um dos três meses iniciais do ciclo; os outros dois meses foram representados por k. Por exemplo: se i = 3, então k = 1 e 2. O último mês (secagem e colheita) foi representado pelo índice 4. Foram adotados os parâmetros relacionados aos meses (1, 2, 3 e 4) do ciclo vegetativo (120 dias) de acordo com a Tabela 8.

Tabela 8. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura do milho

| <b>Aptidão Climática</b>                    | <b>EXC (mm)</b>        | <b>DEF (mm)</b> | <b>P/EP (mm)</b>  | <b>PREC (mm)</b>      |
|---|------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| C3-Moderada por excesso hídrico             | $\geq 400$             |                 |                   | $\geq 700$            |
| C2-Plena com período chuvoso prolongado     | $300 < EXC_j \leq 400$ |                 | $P_4/EP_4 \geq 1$ | $600 < PREC \leq 700$ |
| C1-Plena sem restrição                      | $200 < EXC_j \leq 300$ | $DEF_i < 5$     | $P_4/EP_4 < 1$    | $500 < PREC \leq 600$ |
| C4-Moderada por deficiência hídrica         | $180 < EXC_j \leq 200$ | $DEF_i < 5$     | $P_4/EP_4 < 1$    | $480 < PREC \leq 500$ |
| C5-Inapta por deficiência hídrica acentuada | $< 180$                | $DEF_i \geq 5$  |                   | $< 480$               |

Fonte: Adaptado de Barros et al. (2012); Silva et al. (2012).

**Sorgo (*Sorghum bicolor*)**

O sorgo é uma planta de origem tropical, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas, exigindo, por isso, um clima quente para poder expressar seu potencial de produção (MAPA, 2014). A cultura, com características xerófilas, é considerada tolerante a períodos secos, notadamente em regiões do Nordeste do Brasil (TABOSA et al., 2002). De acordo com Barros et al. (2012) os estados da região Nordeste, em função da irregularidade no regime de chuvas, o cultivo do sorgo é realizado durante a estação chuvosa, período curto e com distribuição irregular, caracterizado, ainda, por ocorrência de veranicos, com 15 a 20 dias sem chuvas. As condições climáticas durante o desenvolvimento e o crescimento da cultura são importantes para a qualidade do produto e produção final.

A cultura do sorgo exige em torno de 300 a 400mm de precipitação pluviométrica, distribuídos regularmente durante o seu ciclo de crescimento e desenvolvimento para que se alcancem níveis de produtividade satisfatórios, sem a necessidade de irrigação suplementar. A cultura tolera ocorrências de deficiência hídrica, inclusive pequenos veranicos, sendo considerada resistente à seca. As fases fenológicas críticas da cultura correspondem ao estágio de plântula e no florescimento, sendo importante nessas épocas um adequado nível de suprimento de água para uma boa produção (TABOSA et al., 2002; BARROS et al., 2012).

De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2014) a temperatura do ar ótima para o desenvolvimento da cultura varia com a cultivar. A grande maioria dos materiais genéticos de sorgo requer temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento, não suportando, normalmente, temperaturas abaixo de 16°C, sendo que temperaturas superiores a 38°C também reduzem a produtividade. Apesar de resistente à seca, a ocorrência de déficits hídricos, principalmente na fase de florescimento e de enchimento de grãos, pode provocar redução acentuada na produção.

Por pertencer ao grupo de plantas C4, o sorgo suporta elevados níveis de radiação solar, respondendo com altas taxas fotossintéticas, minimizando a abertura dos estômatos e consequente perda d'água. Assim, o aumento da intensidade luminosa implica em maior produtividade, sempre que as demais condições sejam favoráveis (BARROS et al., 2012). Nas semeaduras tardias e nos cultivos

após uma safra de verão a produtividade do sorgo é bastante afetada pelo regime de chuvas, pelas limitações de radiação solar e pelas temperaturas baixas durante o final do ciclo (MAPA, 2014).

Para avaliação de aptidão climática da cultura do sorgo, foram utilizados os critérios conforme a metodologia adaptada de Barros et al. (2012) foram realizadas simulações de balanço hídrico sequencial que permitiu uma visão da influência da deficiência e do excesso hídrico do plantio à colheita, mediante aos parâmetros adotados. Para este trabalho foram elaborados os mapas de deficiência hídrica, excedente hídrico e o de relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial expressas em termos de um ou mais dos seguintes parâmetros mensais:

Pm/EPm - Relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial no mês m;

EXCm - Estimativa do excedente hídrico no mês m; e

DEFm - Estimativa da deficiência hídrica no mês m.

Os critérios utilizados para caracterizar os graus de aptidão climática do milho foram obtidos a partir do balanço hídrico climatológico mensal (VAREJÃO SILVA & BARROS, 2002). Foram utilizados os índices: j = 1, 2 e 3 (cumulativo), para designar os três meses iniciais do ciclo; e i = 1, 2 ou 3 (não cumulativo) para indicar um dos três meses iniciais do ciclo; os outros dois meses foram representados por k. Por exemplo: se i = 3, então k = 1 e 2. O último mês (secagem e colheita) foi representado pelo índice 4. Foram adotados os parâmetros relacionados aos meses (1, 2, 3 e 4) de acordo com a Tabela 9.

Tabela 9. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura do sorgo

| Aptidão Climática                           | EXC (mm)               | DEF (mm)        | P/EP (mm)         | PREC (mm)             |
|---|------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| C3-Moderada por excesso hídrico             | $\geq 300$             |                 |                   | $\geq 600$            |
| C2-Plena com período chuvoso prolongado     | $200 < EXC_j \leq 300$ |                 | $P_4/EP_4 \geq 1$ | $500 < PREC \leq 600$ |
| C1-Plena sem restrição                      | $0 < EXC_j \leq 200$   | $DEF_i < 10$    | $P_4/EP_4 < 1$    | $400 < PREC \leq 500$ |
| C4-Moderada por deficiência hídrica         |                        | $DEF_i < 20$    | $P_4/EP_4 < 1$    | $280 < PREC \leq 400$ |
| C5-Inapta por deficiência hídrica acentuada |                        | $DEF_i \geq 20$ |                   | $< 280$               |



## Resultados

### Cenários pluviométricos

Observa-se na Tabela 10 a probabilidade em milímetros da ocorrência de anos secos, regulares e chuvosos para alguns municípios representativos das regiões pluviometricamente homogêneas da área de estudo. De acordo com Barros et al. (2012) a probabilidade de ocorrência dos anos secos, regulares e chuvosos muda de local para local, uma vez que as regiões e os períodos relativos às séries históricas de chuva são diferentes.

Tabela 10. Ocorrência da probabilidade de anos secos, regulares e chuvosos em milímetros para alguns municípios

| Região Pluviométrica | Estação                | N.º de Anos de dados da série histórica | Probabilidade de ocorrência |                     |                    |
|----------------------|------------------------|---|-----------------------------|---------------------|--------------------|
|                      |                        |   | Anos secos (mm)             | Anos regulares (mm) | Anos chuvosos (mm) |
| Litoral              | Alhandra               | 77                                      | 656                         | 828                 | 1045               |
| Litoral              | Cruz do Espírito Santo | 65                                      | 318                         | 440                 | 601                |
| Litoral              | João Pessoa            | 83                                      | 588                         | 785                 | 1021               |
| Litoral              | Mamanguape             | 93                                      | 387                         | 560                 | 789                |
| Litoral              | Mataraca               | 42                                      | 493                         | 648                 | 826                |
| Litoral              | Santa Rita             | 89                                      | 476                         | 620                 | 786                |
| Agreste              | Araruna                | 101                                     | 248                         | 317                 | 400                |
| Agreste              | Campina Grande         | 91                                      | 246                         | 316                 | 398                |
| Agreste              | Ingá                   | 93                                      | 215                         | 279                 | 351                |
| Agreste              | Itabaiana              | 92                                      | 220                         | 296                 | 386                |
| Agreste              | Pilar                  | 71                                      | 220                         | 315                 | 441                |
| Agreste              | Queimadas              | 72                                      | 104                         | 164                 | 239                |
| Agreste              | Umbuzeiro              | 93                                      | 268                         | 350                 | 450                |
| Brejo                | Alagoa Grande          | 67                                      | 288                         | 370                 | 466                |
| Brejo                | Alagoa Nova            | 93                                      | 294                         | 444                 | 631                |

|                  |                    |     |     |     |     |
|------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| Brejo            | Areia              | 96  | 464 | 570 | 694 |
| Brejo            | Bananeiras         | 81  | 355 | 468 | 610 |
| Brejo            | Guarabira          | 75  | 290 | 416 | 584 |
| Brejo            | Sapé               | 83  | 335 | 433 | 553 |
| Cariri/Curimataú | Barra de S. Rosa   | 71  | 87  | 132 | 191 |
| Cariri/Curimataú | Boqueirão          | 41  | 107 | 151 | 208 |
| Cariri/Curimataú | Cabaceiras         | 88  | 65  | 106 | 161 |
| Cariri/Curimataú | Monteiro           | 86  | 51  | 112 | 210 |
| Cariri/Curimataú | Picuí              | 91  | 38  | 62  | 94  |
| Cariri/Curimataú | Pocinhos           | 80  | 104 | 141 | 186 |
| Cariri/Curimataú | São João do Cariri | 101 | 59  | 96  | 149 |
| Cariri/Curimataú | Soledade           | 96  | 57  | 90  | 131 |
| Cariri/Curimataú | Sumé               | 69  | 60  | 102 | 161 |
| Cariri/Curimataú | Taperoá            | 93  | 47  | 85  | 146 |
| Sertão           | Belém B. do Cruz   | 74  | 65  | 142 | 266 |
| Sertão           | Brejo do Cruz      | 91  | 366 | 500 | 662 |
| Sertão           | Catolé do Rocha    | 91  | 376 | 528 | 714 |
| Sertão           | Imaculada          | 73  | 262 | 375 | 503 |
| Sertão           | Mãe D'Água         | 70  | 269 | 409 | 588 |
| Sertão           | Malta              | 87  | 328 | 454 | 600 |
| Sertão           | Patos              | 101 | 332 | 456 | 605 |
| Sertão           | Pombal             | 99  | 325 | 439 | 589 |
| Sertão           | Santa Luzia        | 101 | 228 | 345 | 493 |
| Sertão           | Teixeira           | 98  | 276 | 423 | 616 |
| Alto Sertão      | Cajazeiras         | 96  | 428 | 551 | 713 |
| Alto Sertão      | Catingueira        | 75  | 323 | 511 | 780 |
| Alto Sertão      | Coremas            | 70  | 393 | 530 | 683 |
| Alto Sertão      | Itaporanga         | 92  | 383 | 528 | 707 |
| Alto Sertão      | Piancó             | 86  | 325 | 492 | 711 |
| Alto Sertão      | Princesa Isabel    | 96  | 325 | 440 | 589 |
| Alto Sertão      | São J. de Piranhas | 75  | 396 | 530 | 690 |
| Alto Sertão      | Serra Grande       | 74  | 340 | 480 | 655 |
| Alto Sertão      | Sousa              | 91  | 360 | 490 | 639 |

Observa-se na Figura 8 a caracterização dos cenários pluviométricos dos postos de Alhandra localizado na região do Litoral, Areia localizado no Brejo, e de Campina Grande localizado na região do Agreste.

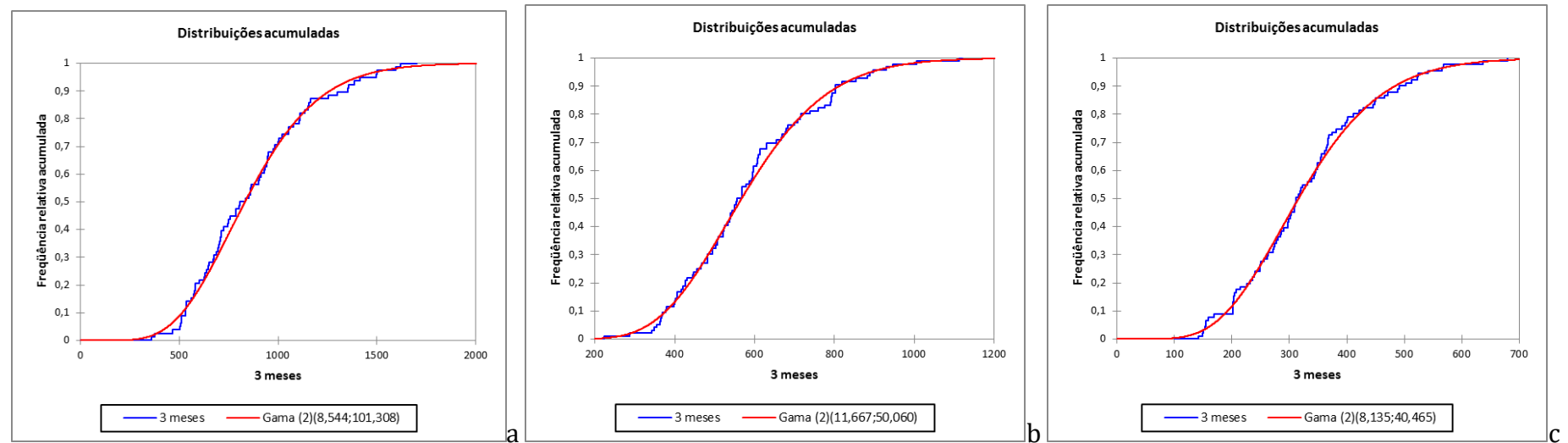


Figura 8. Caracterização dos anos secos, regulares e chuvosos, segundo a distribuição dos totais de chuva acumulados nos três meses consecutivos mais chuvosos do posto pluviométrico de Alhandra-região do Litoral (a), Areia-região do Brejo (b), Campina Grande-região do Agreste (c).

Para o posto pluviométrico de Alhandra, o cenário seco foi constituído pelos anos em que o período mais chuvoso foi inferior ou igual a 656 mm; o cenário regular foi formado pelos anos em que o período mais chuvoso variou de 656 a 828mm e o cenário chuvoso foi constituído pelos anos em que o período mais chuvoso superou 1045mm. Para o posto de Areia, o cenário seco foi inferior ou igual a 464mm; o cenário regular variou até 570mm e o cenário chuvoso superou 694mm.

O posto de Alhandra, com regime maior de chuvas durante o ano, localizado na região do Litoral, com altitude entre 10 metros e o posto de Areia, localizado no Brejo, mais ao interior do Estado, com altitudes entre 650 metros, pode-se observar que entre esses postos

há uma diminuição em seus valores acumulados atingindo em Alhandra valores próximos a 2.000mm enquanto em Areia valores entre 1.200mm, menores devido ao relevo e a distância do Litoral. Para o posto de Campina Grande, o cenário seco foi inferior ou igual a 246mm; o cenário regular variou até 316mm e o cenário chuvoso superou 398mm.

Andrade Junior et al. (2009) relatam que a incorporação de cenários pluviométricos (anos secos, regulares e chuvosos) a estudos dessa natureza é desejável, por promover um aperfeiçoamento da qualidade da metodologia clássica, tornando-os mais ajustados e adequados à variabilidade natural das precipitações e às expectativas pluviométricas dos modelos numéricos de previsão climatológica em uso no Brasil (VAREJÃO SILVA & BARROS, 2001).

Observa-se na Figura 9 a caracterização dos cenários pluviométricos do posto de Cabaceiras localizado na região do Cariri/Curimataú, Patos na região do Sertão, e Sousa-região do Alto Sertão.

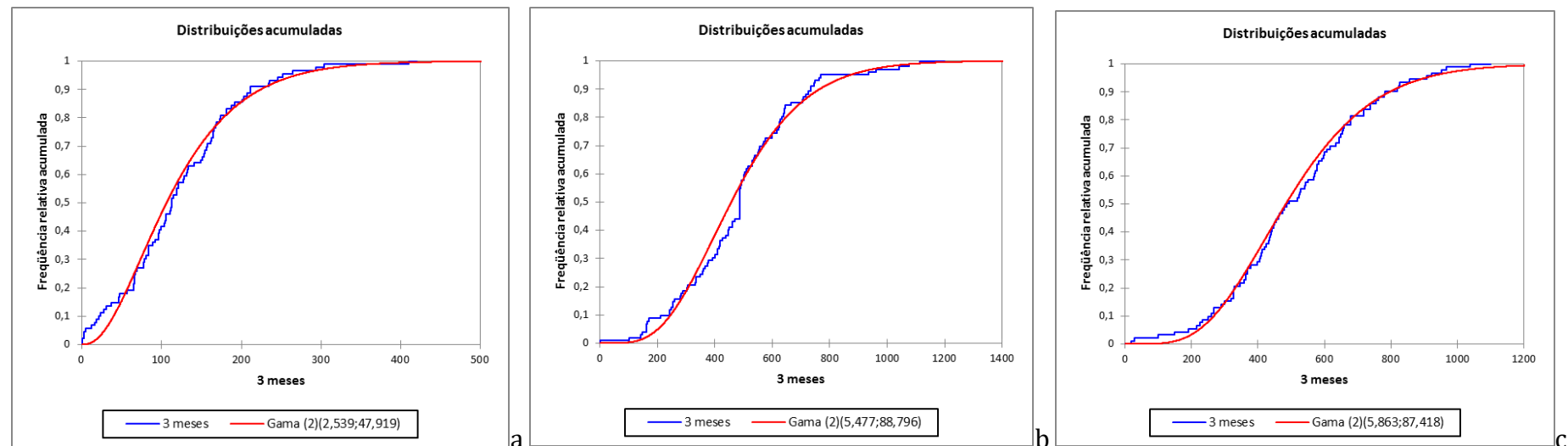


Figura 9. Caracterização dos anos secos, regulares e chuvosos, segundo a distribuição dos totais de chuva acumulados nos três meses consecutivos mais chuvosos do posto pluviométrico de Cabaceiras-região do Cariri/Curimataú (a), Patos-região do Sertão (b) e Sousa-região do Alto Sertão (c).

Para o posto pluviométrico de Cabaceiras, o cenário seco foi constituído pelos anos em que o período mais chuvoso foi inferior ou igual a 65mm; o cenário regular foi formado pelos anos em que o período mais chuvoso variou de 65 a 106mm e o cenário chuvoso foi constituído pelos anos em que o período mais chuvoso superou 161mm. Campina Grande, localizada no Agreste, sobre o Planalto da Borborema, com altitudes acima de 700 metros, atinge valores de 700mm, enquanto Cabaceiras, município bem próximo, atinge somente 500mm, isso devido também ao relevo e altitude destes.

Para o posto de Patos, o cenário seco foi inferior ou igual a 332mm; o cenário regular variou até 456mm e o cenário chuvoso superou 605mm. Para o posto de Sousa, o cenário seco foi inferior ou igual a 360mm; o cenário regular variou até 490mm e o cenário chuvoso superou 639mm. Patos, localizado no sertão com altitude inferior a 400 metros, próximo a encosta do Planalto da Borborema, atinge valores de 1.400mm enquanto Sousa, localizado no alto Sertão também atinge valores próximos a 1.200mm.

Na Tabela 11 observam-se os resultados estimados e calculados do teste estatístico Gama incompleto e do teste Kolmogorov-Smirnov para alguns postos de cada região pluviométrica.

Tabela 11. Estatísticas estimadas dos dados e calculadas utilizando os parâmetros estimados da distribuição Gama incompleta e resultados do Teste Kolmogorov-Smirnov

| <b>Região pluviométrica</b> | <b>Posto/Município</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio padrão</b> | <b>Teste KS</b> |
|-----------------------------|------------------------|---------------|---------------|--------------|----------------------|-----------------|
| Litoral                     | Alhandra               | 359,500       | 1621,500      | 865,573      | 296,124              | Aceita          |
| Brejo                       | Areia                  | 224,000       | 1112,500      | 584,049      | 170,990              | Aceita          |
| Agreste                     | Campina grande         | 142,900       | 679,200       | 329,173      | 115,411              | Aceita          |
| Cariri/Curimataú            | Cabaceiras             | 0,000         | 410,800       | 121,650      | 76,350               | Aceita          |
| Sertão                      | Patos                  | 2,800         | 1113,500      | 486,335      | 207,809              | Aceita          |
| Alto Sertão                 | Sousa                  | 19,000        | 1039,200      | 512,500      | 211,665              | Aceita          |

Pode-se observar que o posto de Cabaceiras localizado na região do Cariri/Curimataú teve o valor mínimo de zero milímetro e o posto de Alhandra localizado no Litoral apresentou o valor de 359,5mm. Tanto para Cabaceiras, considerado o município que menos chove diante de mais de 5 mil municípios brasileiros, como para o posto de Alhandra, o que mais chove no Estado da Paraíba, os resultados da análise foram aceitos pelo teste KS. Os valores máximos variaram de 410,8mm em Cabaceiras a 1621,5mm em Alhandra. Observa-se na Tabela 1 que o desvio padrão teve valor mínimo de 76,35 em Cabaceiras e valor máximo de 296,124 em Alhandra.

Na Figura 10 observa-se o cenário pluviométrico para o período seco para o Estado da Paraíba. A distribuição da probabilidade de ocorrência de chuvas apresenta os maiores valores na região do Litoral próximo ao município de Alhandra no litoral sul entre 500 e 700mm, no litoral norte, próximo ao município de Baía da Traição, apresenta valores entre 700 e 800mm; e diminuindo conforme adentra a direção oeste na região do Agreste, e voltando a aumentar entre 400 e 500mm, na região do Brejo, no município de Areia. Na região do Cariri/Curimataú, sobre o planalto da Borborema, apresenta-se com valores menores de 100mm; já na região do Sertão e Alto Sertão, os valores tornam a aumentarem entre 200 a 400mm, apresentando maiores valores entre 400 e 500mm próximo ao município de Cajazeiras e Coremas.

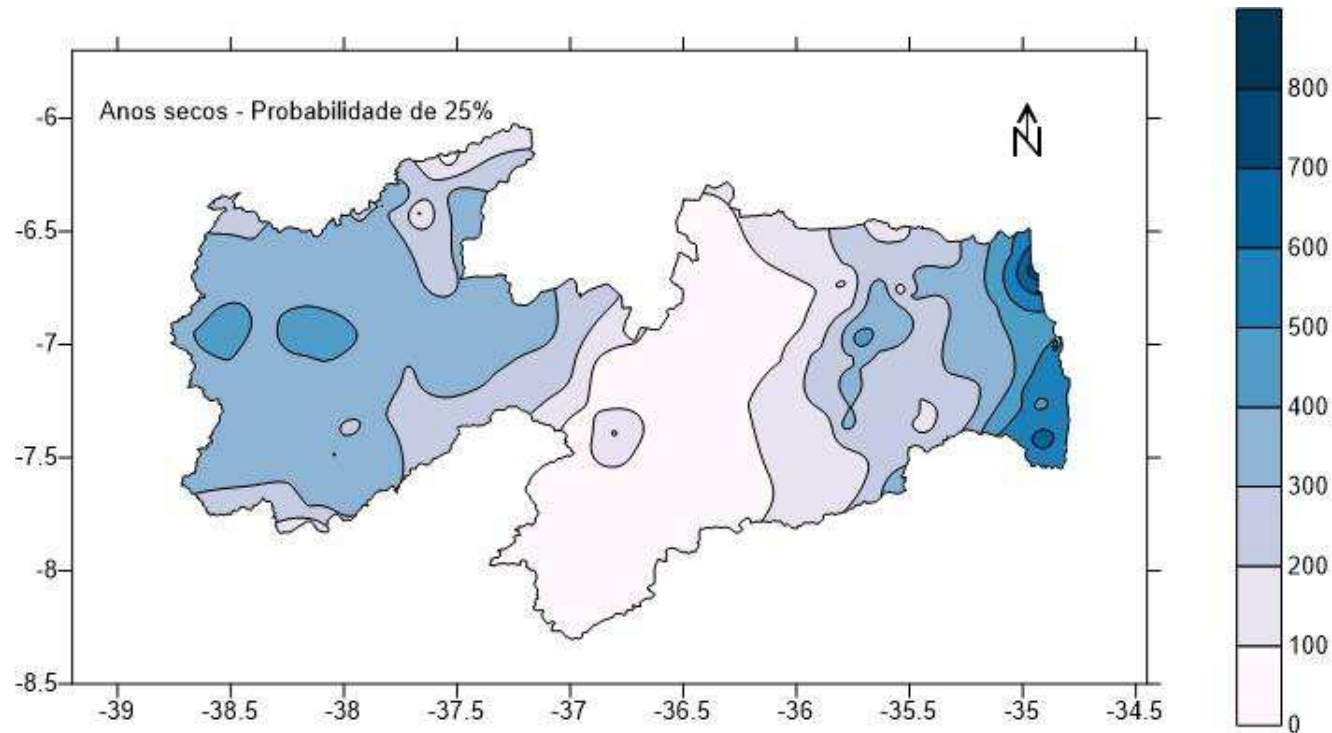


Figura 10. Cenário pluviométrico para o período seco do Estado da Paraíba.

Na Figura 11 observa-se o cenário pluviométrico para o período regular para o Estado da Paraíba. A distribuição da probabilidade de ocorrência de chuvas apresenta os maiores valores na região do Litoral entre 600 e 800mm. O cenário regular segue a mesma tendência do cenário seco, diminuindo conforme adentra a direção oeste na região do Agreste e voltando a aumentar na região do Brejo com valores de 400 a 500mm. Na região do Cariri/Curimataú, apresenta valores menores de 200mm; na região do Sertão e Alto Sertão segue a mesma tendência do cenário seco onde os valores tornam a aumentarem entre 400 a 600mm englobando um número maior de municípios.

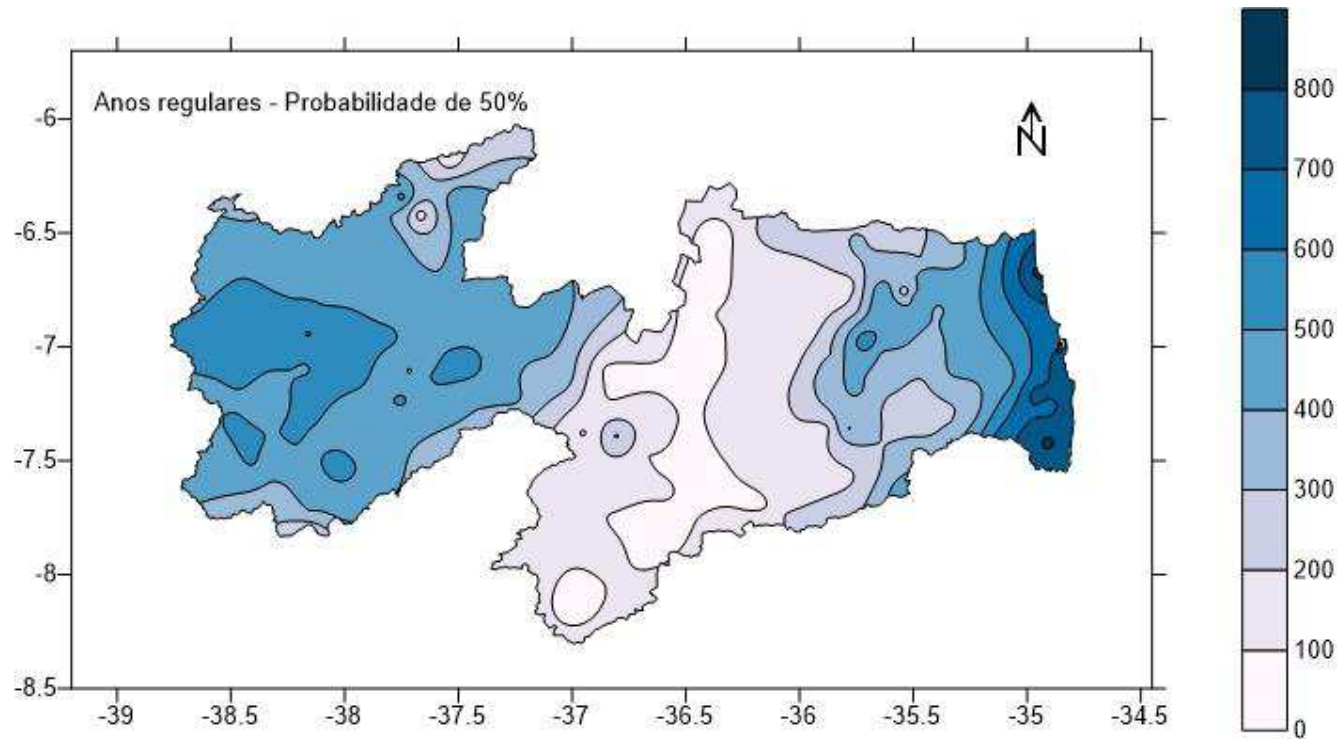


Figura 11. Cenário pluviométrico para o período regular do Estado da Paraíba.

Observa-se na Figura 12 o cenário pluviométrico para o período chuvoso para o Estado da Paraíba. A distribuição da probabilidade de ocorrência de chuvas segue o mesmo padrão dos cenários seco e regular apenas aumentando os valores e área de ocorrência. Na região do Litoral apresenta os maiores valores entre 600 e 1100mm, na região do Brejo apresenta valores de 600mm, na região do Cariri/Curimataú volta a diminuir com valores menores de 200mm; na região do Sertão e Alto Sertão segue a mesma tendência do cenário seco e regular onde os valores tornam a aumentarem entre 400 a 700mm com uma melhor distribuição nas regiões.



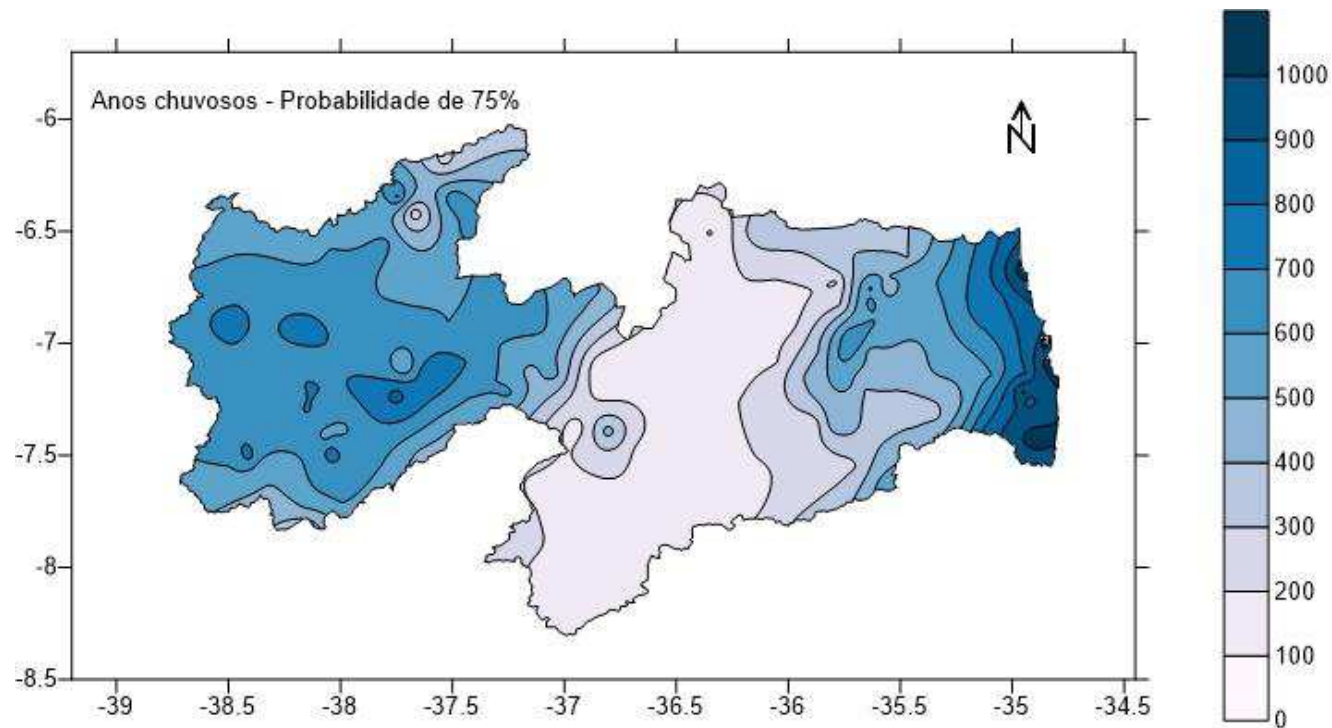


Figura 12. Cenário pluviométrico para o período chuvoso do Estado da Paraíba.

De acordo com Araújo et al. (2008) é pouco conhecido que a Paraíba é o Estado do Nordeste que apresenta uma das maiores variabilidades espacial nas chuvas, uma vez que o agreste/litoral apresenta precipitação média anual acima de 1083,4 mm/ano, seguido do sertão com valores médios de 821,9 mm/ano, e pôr fim a região do Cariri/Curimataú com média alcançando até 516,1 mm/ano.

Na Tabela 12 observam-se os valores estatísticos estimados e calculados pelo método da Krigagem para os três cenários, seco, regular e chuvoso.

Tabela 12. Estatísticas estimadas dos dados de entrada, calculadas utilizando a Krigagem usando as probabilidades dos anos secos, regulares e chuvosos (25, 50 e 75%)

| Probabilidade (%)   | Variação (mm) |         |         |        |               |                   |
|---------------------|---------------|---------|---------|--------|---------------|-------------------|
|                     | Mínimo        | Mediana | Máxima  | Média  | Desvio Padrão | Coef. de Variação |
| 25 - Anos secos     | 32,00         | 290,00  | 760,00  | 269,54 | 142,83        | 0,520             |
| 50 - Anos regulares | 60,00         | 409,00  | 831,00  | 49,82  | 368,95        | 0,489             |
| 75 - Anos chuvosos  | 94,00         | 540,00  | 1060,00 | 75,96  | 496,11        | 0,462             |

Pode-se observar que a variação dos valores mínimos é o triplo em relação aos cenários seco e chuvoso com valores de 32 a 94mm. Observam-se valores máximos no cenário seco de 760mm e aumentando para 831mm no cenário regular e atingindo o valor máximo de 1060mm no cenário chuvoso. Nos resultados observa-se que o desvio padrão da distribuição das chuvas varia entre 142,83 no cenário seco, 368,95 no cenário regular e 496,11 no cenário chuvoso; já o coeficiente de variação apresentou uma menor variação entre os resultados.

Andrade Junior et al. (2009) relatam que a incorporação de cenários pluviométricos (anos secos, regulares e chuvosos) a estudos dessa natureza é desejável, por promover um aperfeiçoamento da qualidade da metodologia clássica, tornando-os mais ajustados e adequados à variabilidade natural das precipitações e às expectativas pluviométricas dos modelos numéricos de previsão climatológica em uso no Brasil (VAREJÃO SILVA & BARROS, 2001).

**Cultura do Algodão herbáceo**

No mapa de aptidão climática para a cultura do algodão herbáceo (Figura 13), cenário seco com 25% de probabilidade, observa-se o predomínio da classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) em 0,63% da área abrangendo quase todas as regiões do Estado, e ocorrendo na região do Litoral sul a classe de aptidão Moderada por deficiência hídrica (C4) em 99,37%, ocupando 0,63% e 99,37% da área do Estado, respectivamente (Tabela 13). As demais classes de aptidão não ocorreram no cenário seco.

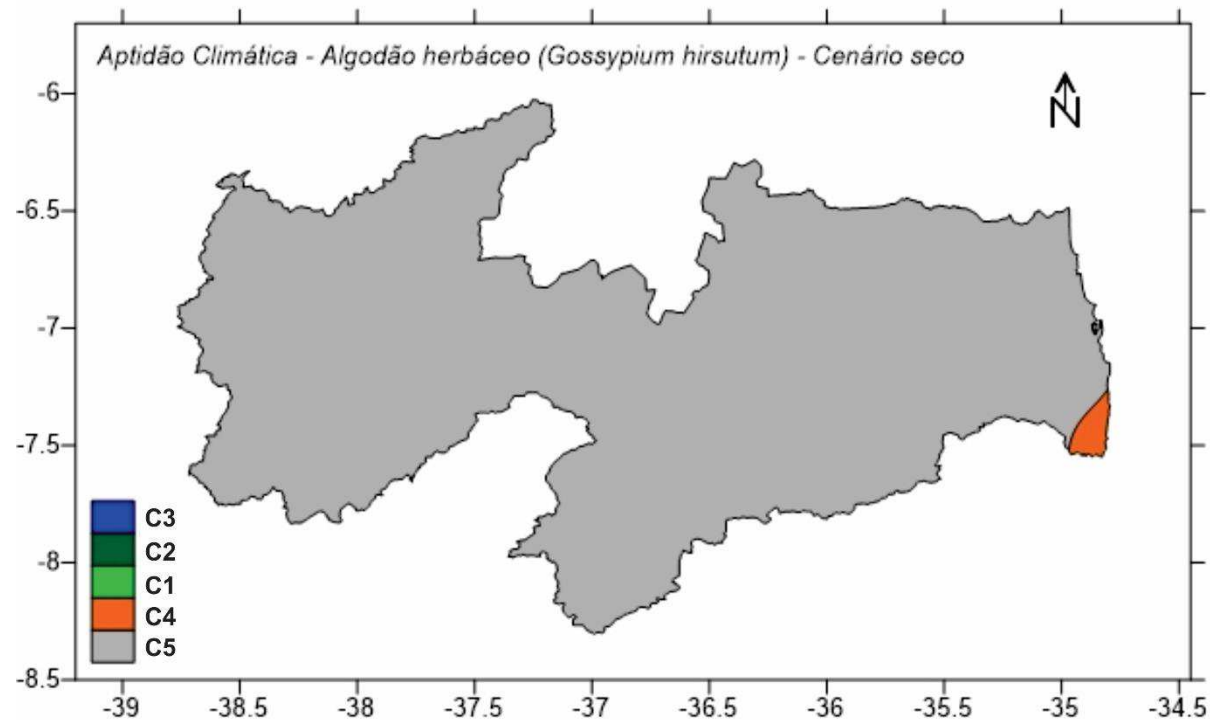


Figura 13. Aptidão climática para cultura do algodão herbáceo para o cenário seco.

Tabela 13. Classes de aptidão climática para cultura do algodão herbáceo

| Legenda | Aptidão climática                        | Cenário pluviométrico |       |                 |       |                 |       |
|---------|--|-----------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|         |  | Seco                  |       | Regular         |       | Chuvoso         |       |
|         |  | km <sup>2</sup>       | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     |
| C1      | Plena                                    | 0,00                  | 0,00  | 3.160,56        | 5,60  | 24.747,33       | 43,91 |
| C2      | Plena com período chuvoso prolongado     | 0,00                  | 0,00  | 17,53           | 0,05  | 2.520,79        | 4,47  |
| C3      | Moderada por excesso hídrico             | 0,00                  | 0,00  | 0,00            | 0,00  | 647,34          | 1,15  |
| C4      | Moderada por deficiência hídrica         | 356,56                | 0,63  | 21.599,21       | 38,31 | 13.317,02       | 23,62 |
| C5      | Inapta por deficiência hídrica acentuada | 56.015,44             | 99,37 | 31.594,70       | 56,04 | 15.132,52       | 26,85 |

Francisco et al. (2015) elaborando uma Análise e Mapeamento dos Índices de Umidade, Hídrico e Aridez através do BHC para o Estado da Paraíba, observaram que a distribuição temporal da temperatura do ar médio anual para o Estado da Paraíba oscila entre 21,5 a 26°C, e que os valores mais elevados, deve-se aos fatores atuantes na atmosfera como alta intensidade dos raios solares, e baixas coberturas de nuvens, flutuações irregulares da umidade relativa do ar e a oscilação da pressão atmosférica. Com relação à distribuição anual, observa-se a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado, regiões do Cariri/Curimataú, com os menores valores de precipitação, no Sertão e Alto Sertão. Já no Brejo e Agreste e Litoral apresentam-se valores maiores. Resultados compatíveis com os encontrados nos resultados deste trabalho.

Para o cenário regular com 50% de probabilidade de chuvas (Figura 14), observa-se que 5,6% da área do Estado (Tabela 13), apresenta aptidão climática Plena (C1), com 3.160,56 km<sup>2</sup>, ocorrendo na região do Litoral e em pequena região do Brejo paraibano, próximo ao município de Areia. Para a classe Moderada por deficiência hídrica (C4) com aumento gradativo da escassez hídrica, limitando o plantio, observa-se que ocorrem em parte das regiões do Agreste e Brejo ao leste do Estado, e em boa parte do Sertão e Alto Sertão do Estado, com 21.599,21 km<sup>2</sup> representando 38,31% da área total.

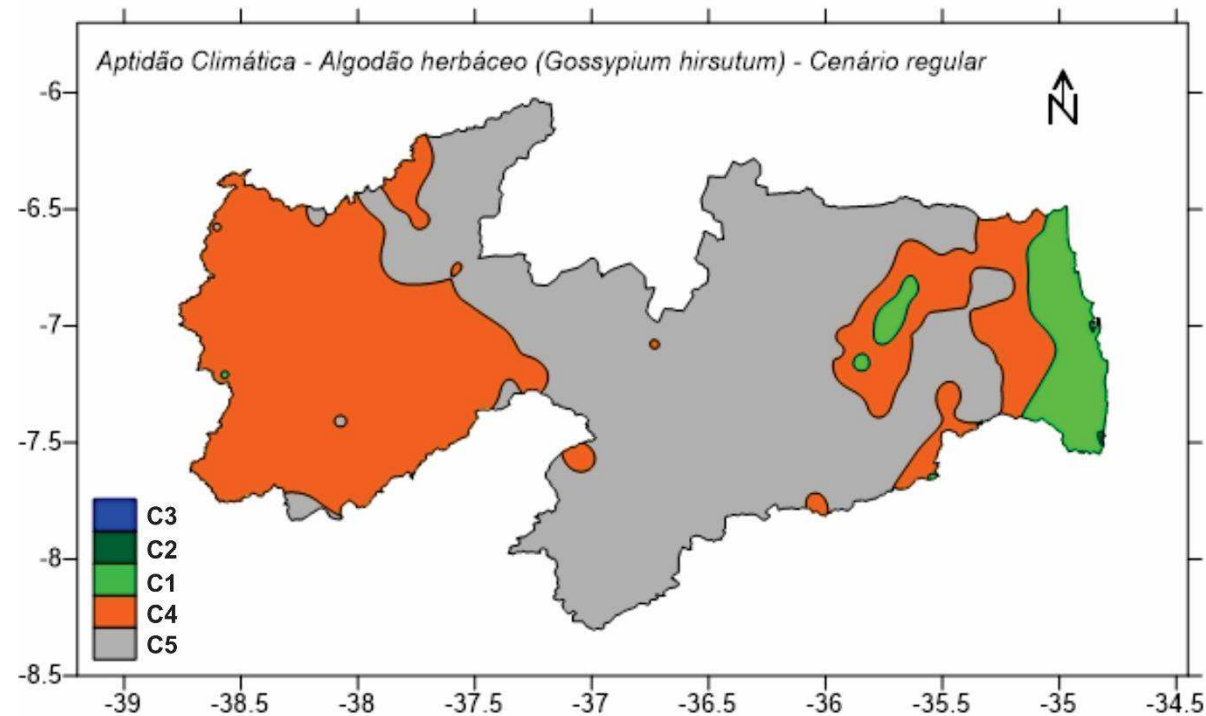


Figura 14. Aptidão climática para cultura do algodão herbáceo para o cenário regular.

A classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5), com 31.594,7 km<sup>2</sup> representando 56,04% da área total, abrange boa parte do Agreste e Brejo no sentido leste do Estado, a região do Cariri/Curimataú sobre o planalto da Borborema e parte do Sertão voltado com a divisa ao norte com o Estado do Rio Grande do Norte e outras pequenas áreas ao sul, divisa com Pernambuco.

As regiões que apresentaram boa significância, com probabilidades de ocorrência de chuvas a 50% para o Estado da Paraíba foram o Litoral, parte da região do Agreste e Brejo. A região do Sertão e Alto Sertão apresentaram boa significância com chuvas de intensidades moderada a fraca, e na área do Cariri/Curimataú chuvas isoladas e com baixa significância.

Pereira et al. (2012) relatam que a região do Sertão Paraibano apresenta uma maior taxa de água evapotranspirada quando comparada as outras regiões. Os mesmos descrevem que as mesorregiões do Sertão, Borborema e Agreste possui um baixo índice de precipitação quando comparada a alta evapotranspiração anual ocorrida, sendo o maior volume pluviométrico advinda na região Litoral do estado.

No mapa de aptidão climática para a cultura do algodão herbáceo no cenário chuvoso com 75% de probabilidade (Figura 15), observa-se que 1,15% da área do Estado em 647,34 km<sup>2</sup> (Tabela 13), apresenta aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3) localizada somente na região do Litoral sul englobando o município de Alhandra e região. A classe de aptidão climática Plena com período chuvoso prolongado (C2) com 2.520,79 km<sup>2</sup> representando 4,47% da área total, ocorre em toda a faixa litorânea e em parte da região do Brejo próximo ao município de Areia e outra ocorrência próximo ao município de Campina Grande, região do Agreste.

A classe de aptidão Plena (C1), com 24.747,33 km<sup>2</sup> representando 43,91% da área total, ocorre nas regiões do Agreste, Brejo e em quase todo Sertão e Alto Sertão. A classe de aptidão climática Moderada por deficiência hídrica (C4) observa-se que ocorrem em parte das regiões do Agreste ao sul e Curimataú ao norte, e em parte do Sertão e Alto Sertão do Estado em sentido voltado ao norte ao estado do Rio Grande do Norte e pequena área volta ao sul na divisa com Pernambuco, com 13.317,02 km<sup>2</sup> representando 23,62% da área total. A classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5), com 15.132,52 km<sup>2</sup> representando 26,85% da área total, abrange boa parte do planalto da Borborema nas regiões do Cariri e do Curimataú.

Francisco et al. (2015) estudando a Probabilidades de ocorrência de chuvas para o Estado da Paraíba observou que nos resultados da probabilidade de chuvas de 75% a faixa litorânea é que tem a maior possibilidade de chuva seguida de menores índices na faixa do Agreste e Brejo, na região do Cariri/Curimataú onde estes índices diminuem e na região do Sertão e Alto Sertão destacam-se áreas com maiores índices de chuvas. Resultados compatíveis com os encontrados nesse trabalho.

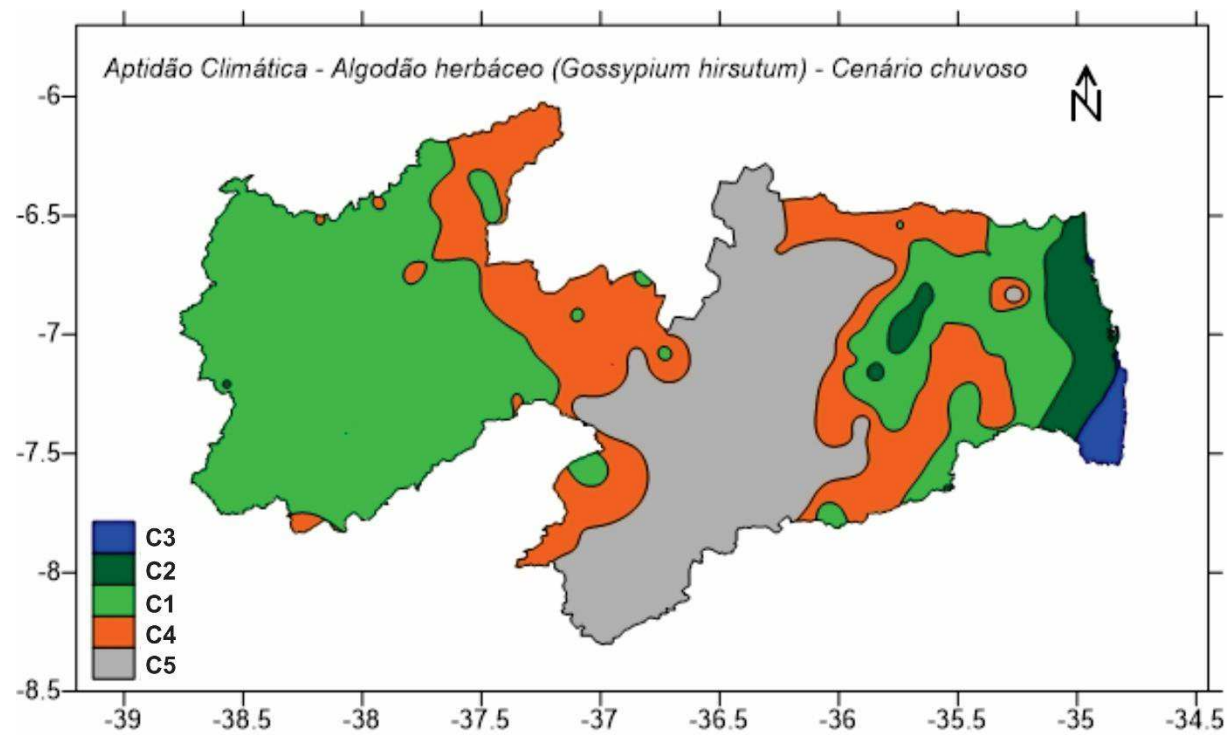


Figura 15. Aptidão climática para cultura do algodão herbáceo para o cenário chuvoso.

### Cultura da Cana de açúcar

Na classe de aptidão climática Plena (C1) (Figura 16), observa-se que 1.277,84 km<sup>2</sup> representando 2,27% da área total do Estado (Tabela 14), ocorrem numa faixa entre o litoral norte e sul incluindo a capital do Estado, o município de João Pessoa, passa a constituir a região do Estado com maior potencial à produção açucareira. Estas áreas surgem como climaticamente propícias ao desenvolvimento da cultura. No mapa de aptidão climática para cultura da cana de açúcar, observa-se que 1,78% da área do Estado com 1.005,01 km<sup>2</sup> (Tabela 15), apresenta aptidão climática plena com período chuvoso prolongado (C2). Estas áreas abrangem uma pequena área no Litoral do Estado, no litoral sul e na região do Brejo próximo ao município de Areia.

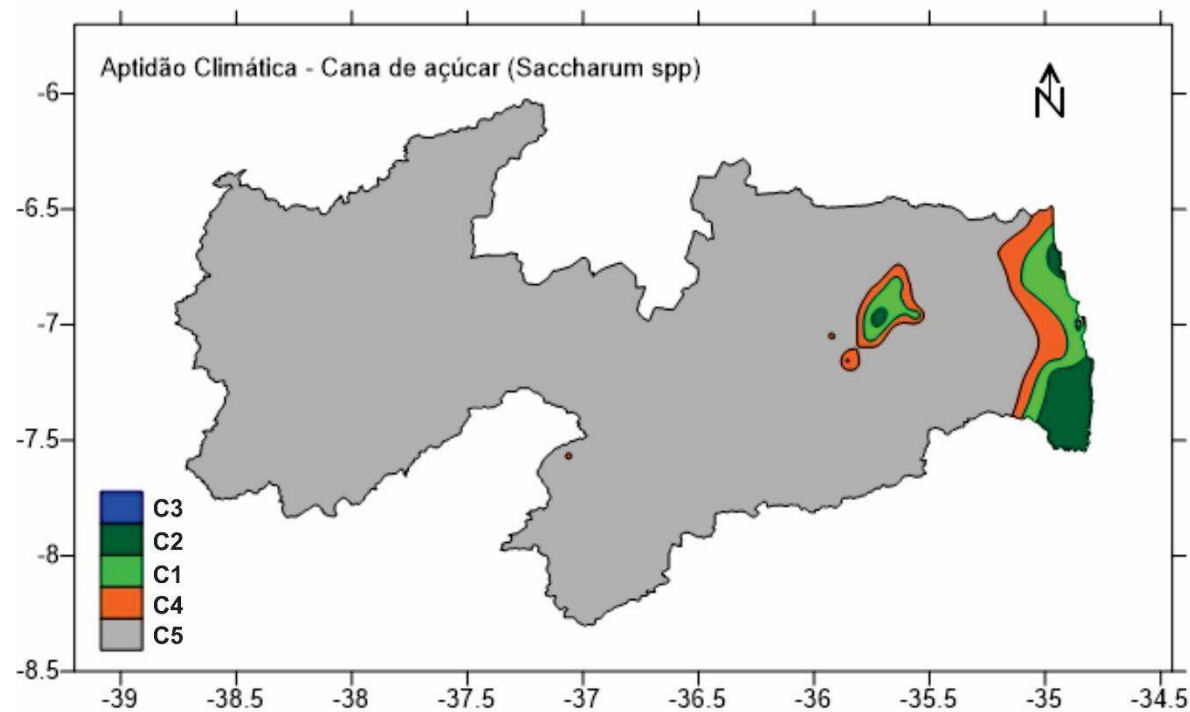


Figura 16. Aptidão climática para cultura da cana de açúcar.



Para a classe de aptidão climática Moderada por deficiência hídrica (C4), observa-se que com aumento gradativo da escassez hídrica, limitando o plantio, ocorrem na região do Agreste em uma faixa estreita entre a classe Plena e a Inapta com km<sup>2</sup> representando % do total. Neste caso, conforme Moraes e Bastos (1972) indicam que um regime pluviométrico com elevada deficiência hídrica tem efeito prejudicial no desenvolvimento da cultura da cana de açúcar. Barros et al. (2012) realizando o zoneamento no Estado de Alagoas, constatou que as regiões da Zona da Mata e do Litoral de Alagoas reúnem as melhores condições climáticas para o cultivo da cana de açúcar. Resultados similares com os deste trabalho onde no litoral observam-se as melhores condições de aptidão para a cultura da cana de açúcar.

Tabela 14. Classes de aptidão climática para cultura da cana de açúcar

| Legenda | Aptidão climática                        | Cenário pluviométrico |       |
|---------|--|-----------------------|-------|
|         |  | km <sup>2</sup>       | %     |
| C1      | Plena                                    | 1.277,84              | 2,27  |
| C2      | Plena com período chuvoso prolongado     | 1.005,01              | 1,78  |
| C3      | Moderada por excesso hídrico             | 0,00                  | 0,00  |
| C4      | Moderada por deficiência hídrica         | 1.439,52              | 2,55  |
| C5      | Inapta por deficiência hídrica acentuada | 52.649,63             | 93,40 |

Conforme Jacomine et al. (1975), a cultura da cana de açúcar, em termos de grande lavoura, acha-se concentrada na faixa úmida costeira do Nordeste, do vale do Ceará Mirim, no Rio Grande do Norte, ao Recôncavo Baiano, e ainda na região úmida do Brejo Paraibano. Com pequena lavoura a cana de açúcar encontra-se cultivada em serras úmidas e pequenos vales com terrenos de aluvião. No litoral dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, a cultura acha-se instalada nos vales dos baixos cursos dos rios que cortam a região como o Ceará Mirim, Trairi, Jacu, Mamanguape, Paraíba e outros de menor porte. As microrregiões homogêneas abrangidas pela cultura da cana de açúcar em termos de grande lavoura são o Litoral Paraibano e Brejo Paraibano. Resultados similares encontrados nesse trabalho.

Observa-se que para Estado da Paraíba não foram mapeadas áreas com aptidão climática da classe Moderada por excesso hídrico (C3). A classe de aptidão climática Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) com 1.439,52 km<sup>2</sup> representando 2,55% do total, onde restringe o cultivo de cana de açúcar, se apresenta em toda a região semiárida do Estado ocorrendo também nas regiões do Agreste e parte

do litoral norte e sul. De acordo com Barros et al. (2012), nessas circunstâncias é frequente a queda de produção, a restrição e morte de plantios em fase de renovação. Barros et al. (2012), relatam que se deve mencionar que, sendo a limitação climática basicamente de natureza hídrica, o cultivo da cana de açúcar, de um modo geral, pode ser efetuado em baixios úmidos, onde se encontra pequena deficiência hídrica. Contudo, a disponibilidade de dados e a metodologia utilizada não possibilitam detectar as situações do relevo associadas a maior disponibilidade de água, possível somente por uma análise mais detalhada que considere hidrologia de solos e a geomorfologia. Resultados esses, similares a este trabalho.

### Cultura do Feijão Caupi

No mapa de aptidão climática para cultura do feijão caupi para o cenário seco (Figura 17), observa-se que 1,85% da área do Estado (Tabela 15) com 1.045,58 km<sup>2</sup> apresenta aptidão climática moderada por excesso hídrico (C3). Essas áreas estão localizadas na região do Litoral do Estado concentradas ao norte e ao sul próximo ao município de Alhandra.

Em áreas com aptidão plena com período chuvoso prolongado (C2), observa-se que o total é de 11.641,17 km<sup>2</sup> representando 20,66% de acordo com a Tabela 16. Essas áreas estão localizadas no lado oriental do planalto da Borborema nas regiões do Agreste Acatingado, Agreste e Brejo, e ao lado ocidental do planalto nas regiões do Cariri, entre os municípios de Conceição, Teixeira e na região do Sertão, Santa Luzia; na região do Sertão, entre Pombal e Belém do Brejo do Cruz, na divisa com o Rio Grande do Norte.

Na classe Plena (C1) do cenário seco (Figura 4), observa-se uma faixa de área na região do Agreste Acatingado, e na região do Brejo, de mais altitude; e na região do Sertão entre os municípios de Patos e Cajazeiras, Piancó e Pombal, observam-se áreas com aptidão plena que climaticamente foram classificadas como aptas com 8.278,79km<sup>2</sup> representando 14,68% do total.

Tabela 15. Classes de aptidão climática para cultura do feijão caupi

| Legenda | Aptidão climática                        | Cenário pluviométrico |       |                 |       |                 |       |
|---------|--|-----------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|         |  | Seco                  |       | Regular         |       | Chuvoso         |       |
|         |  | km <sup>2</sup>       | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     |
| C1      | Plena                                    | 8.278,79              | 14,68 | 2.498,26        | 4,43  | 1713,97         | 3,04  |
| C2      | Plena com período chuvoso prolongado     | 11.641,17             | 20,66 | 25.748,64       | 45,68 | 10.375,51       | 18,40 |
| C3      | Moderada por excesso hídrico             | 1.045,58              | 1,85  | 3.602,67        | 6,39  | 25.310,72       | 44,91 |
| C4      | Moderada por deficiência hídrica         | 17.374,31             | 30,82 | 10.543,42       | 18,70 | 15.210,50       | 26,98 |
| C5      | Inapta por deficiência hídrica acentuada | 18.032,15             | 31,99 | 13.979,01       | 24,80 | 3.761,30        | 6,67  |

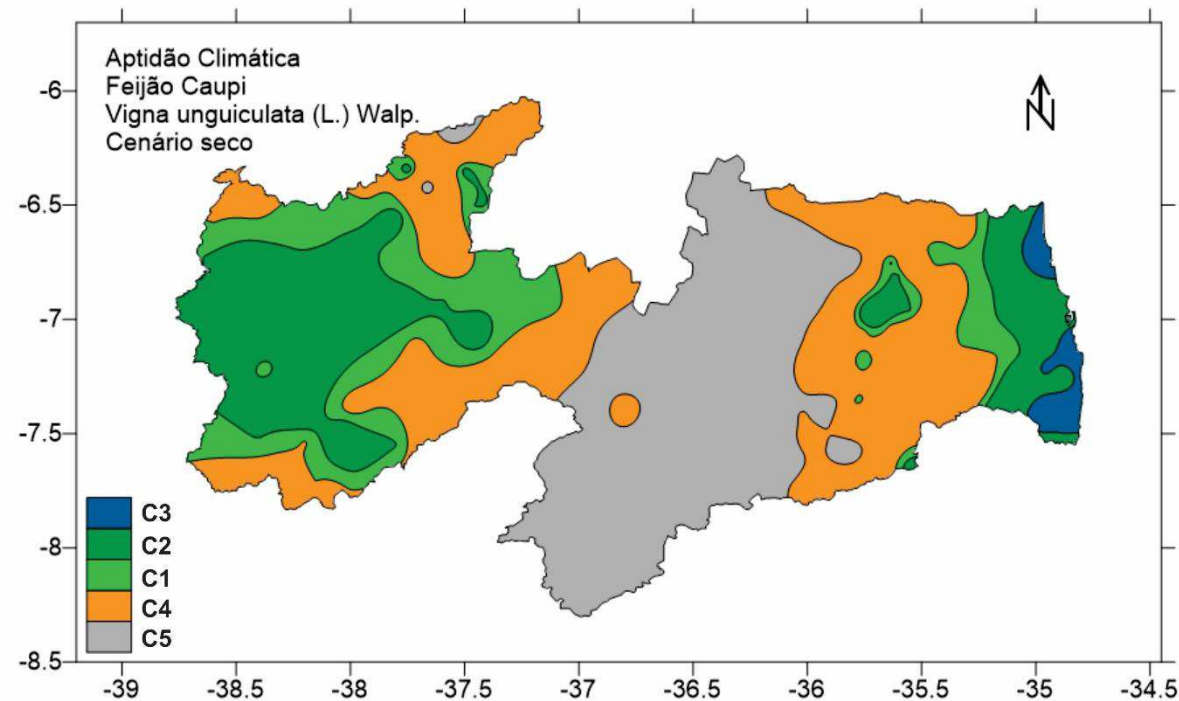


Figura 17. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão caupi para o cenário seco.

Para a classe Moderada por deficiência hídrica (C4) observa-se que para o cenário seco de 25% de probabilidade de ocorrência de chuvas, com aumento gradativo da escassez hídrica, limitando o plantio, localizadas na região do Agreste Acatingado, Agreste, Brejo e parte do Cariri, na região Sertão na serra de Teixeira até Santa Luzia, e nos limites extremos, próximo ao município de Conceição, e ao norte, em áreas próximas a calha do rio Piranhas. Estas áreas apresentam 17.374,31 km<sup>2</sup> representando 30,82% do Estado. A classe Inapta por escassez hídrica (C5) nos anos secos, onde o cultivo torna-se impróprio, devido à acentuada deficiência hídrica, onde praticamente restringe o cultivo do feijão caupi, observam-se 18.032,15 km<sup>2</sup> representando 31,99% do total. Localizada em áreas sobre a Borborema na região do Cariri/Curimataú e na região do Seridó.

No mapa de aptidão climática para cultura do feijão caupi para o cenário regular (Figura 18), observa-se que 3.602,67 km<sup>2</sup> representando 6,39% da área do Estado (Tabela 15), apresenta aptidão climática moderada por excesso hídrico (C3). Estas áreas abrangem toda a faixa Litorânea do Estado.

Em áreas com aptidão plena com período chuvoso prolongado (C2), observa-se que o total é de 25.748,64 km<sup>2</sup> representando 45,68% (Tabela 16). Essas áreas estão localizadas na região do Agreste Acatingado, Agreste e Brejo e em quase todo o Sertão onde podem apresentar problemas com o excesso de umidade, e com probabilidade de ocorrer um período chuvoso prolongado.

Na classe Plena (C1) do cenário regular (Figura 18), com 2.498,26 km<sup>2</sup> representando 4,43% do total, observa-se que ocorre numa pequena faixa estreita entre as classes Plena com período chuvoso prolongado e a Moderada por deficiência hídrica.

Para a classe Moderada por deficiência hídrica (C4) observa-se que para o cenário regular de 50% de probabilidade de ocorrência de chuvas, com aumento gradativo da escassez hídrica, limitando o plantio, com 10.543,42 km<sup>2</sup> representando 18,7% do total, ocorrem nas regiões de Serras próxima a Cuité, e no Curimataú e em partes do Cariri da Paraíba próximo ao município de Umbuzeiro. Ao oeste ocorrem nas divisas entre as regiões do Cariri, Sertão, Borborema e Seridó.

As áreas inaptas por deficiência hídrica acentuada (C5) nos anos regulares são de 13.979,01 km<sup>2</sup> representado 24,8% (Tabela 15). Estas áreas ocorrem sobre o Planalto da Borborema nas regiões do Cariri/Curimataú.

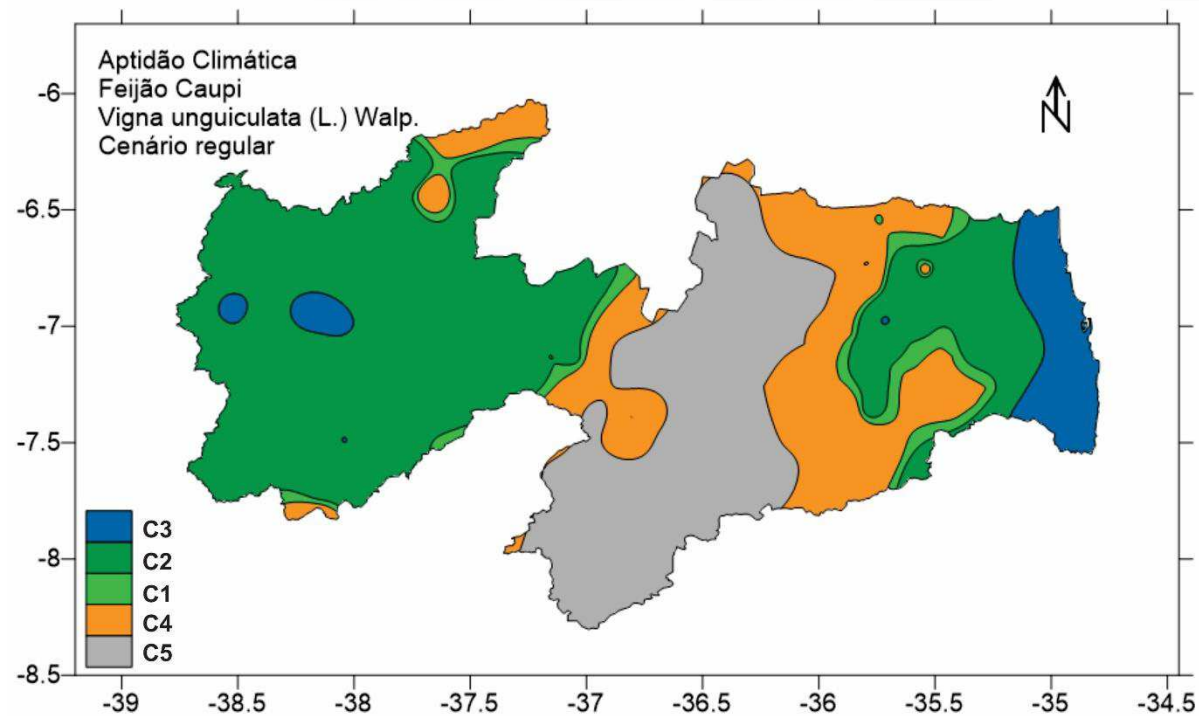


Figura 18. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão caupi para o cenário regular.

No mapa de aptidão climática para cultura do feijão caupi para o cenário chuvoso, com probabilidade de chuvas de 75% de ocorrência de chuvas (Figura 19), observa-se 25.310,72 km<sup>2</sup> representando 44,91% da área do Estado (Tabela 15), apresenta aptidão climática moderada por excesso hídrico (C3). Estas áreas localizam-se em toda a faixa Litorânea do Estado, na região do Brejo e em boa parte do interior do Sertão Paraibano.

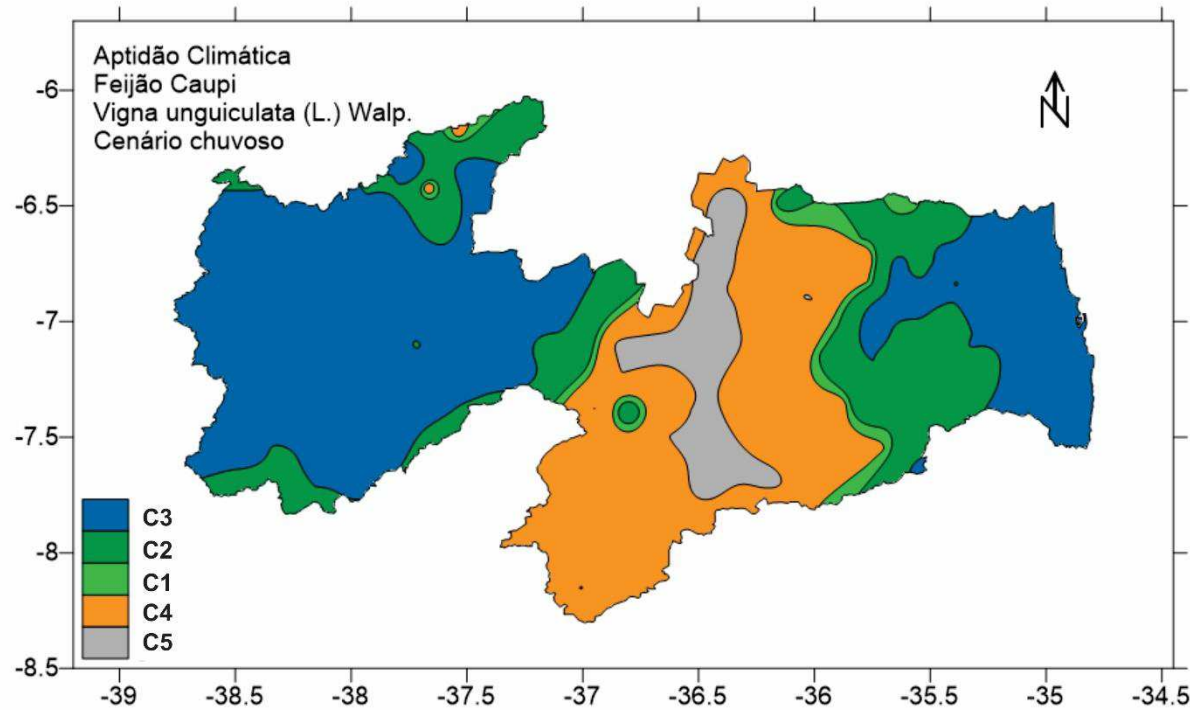


Figura 19. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão caupi para o cenário chuvoso.

Em áreas com aptidão plena com período chuvoso prolongado (C2), observadas, totalizam 10.375,51 km<sup>2</sup> representando 18,4% do total. As áreas se localizam na região do Curimataú, Serras e na região sul do Agreste Acatingado.

Na classe Plena (C1) do cenário chuvoso (Figura 19), observam-se áreas com aptidão plena, que climaticamente foram classificadas como aptas, com 1.713,97 km<sup>2</sup> representando 3,04% do total. Essas áreas são faixas estreitas, de transição para a classe moderada por deficiência hídrica.

Para a classe Moderada por deficiência hídrica (C4) observa-se que para o cenário chuvoso, as áreas mapeadas totalizam em 15.210,5 km<sup>2</sup> representando 26,98% do total e ocorrem no Planalto da Borborema. As áreas inaptas por escassez hídrica (C5) nos anos

regulares e chuvosos perfazem 3.761,3 km<sup>2</sup> e corresponde a 6,67% e ocorrem sobre o Planalto da Borborema adentrando na região do Seridó.

Observa-se por este trabalho que as faixas de transição entre as classes de aptidão não são estáticas, pois representam valores médios de cada cenário e, portanto, não são limites rígidos podendo haver uma variação devido a escala de trabalho utilizado na metodologia não podendo ser detectadas. Resultados similares encontrados por Barros et al. (2012) em Alagoas.



**Cultura do Feijão Comum**

No mapa de aptidão climática para cultura do feijão comum para o cenário seco (Figura 20), observa-se que 0,71% da área do Estado (Tabela 16) com 401,09 km<sup>2</sup> apresenta aptidão climática moderada por excesso hídrico (C3). Estas ocorrem somente em partes do Litoral norte e sul.

Tabela 16. Classes de aptidão climática para cultura do feijão comum

| Legenda | Aptidão climática                        | Cenário pluviométrico |       |                 |       |                 |       |
|---------|--|-----------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|         |  | Seco                  |       | Regular         |       | Chuvoso         |       |
|         |  | km <sup>2</sup>       | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     |
| C1      | Plena                                    | 3.022,08              | 5,36  | 7.314,52        | 12,97 | 3.662,48        | 6,50  |
| C2      | Plena com período chuvoso prolongado     | 2.062,76              | 3,66  | 15.804,37       | 28,03 | 12.116,21       | 21,50 |
| C3      | Moderada por excesso hídrico             | 401,09                | 0,71  | 2.342,74        | 4,15  | 18.320,78       | 32,50 |
| C4      | Moderada por deficiência hídrica         | 24.936,04             | 44,24 | 11.244,88       | 19,95 | 5.960,63        | 10,56 |
| C5      | Inapta por deficiência hídrica acentuada | 25.950,03             | 46,03 | 19.675,49       | 34,90 | 16.317,90       | 28,94 |

Em áreas com aptidão plena com período chuvoso prolongado (C2) observa-se que o total é de 2.062,76 km<sup>2</sup> representando 3,66% de acordo com a Tabela 16. Essas áreas ocorrem em todo o Litoral e uma pequena região no Sertão do Estado.

Na classe Plena do cenário seco (Figura 20), observa-se uma faixa de área na região do Litoral de norte a sul do Estado, região mais chuvosa, e uma pequena área na região do Brejo, região de mais altitude onde se localiza o município de Areia, com maior índice de pluviosidade; e na região do Sertão, no sentido oeste, observam-se áreas com aptidão plena (C1) que climaticamente foram classificadas como aptas com 3.022,08 km<sup>2</sup> representando 5,36% do total.

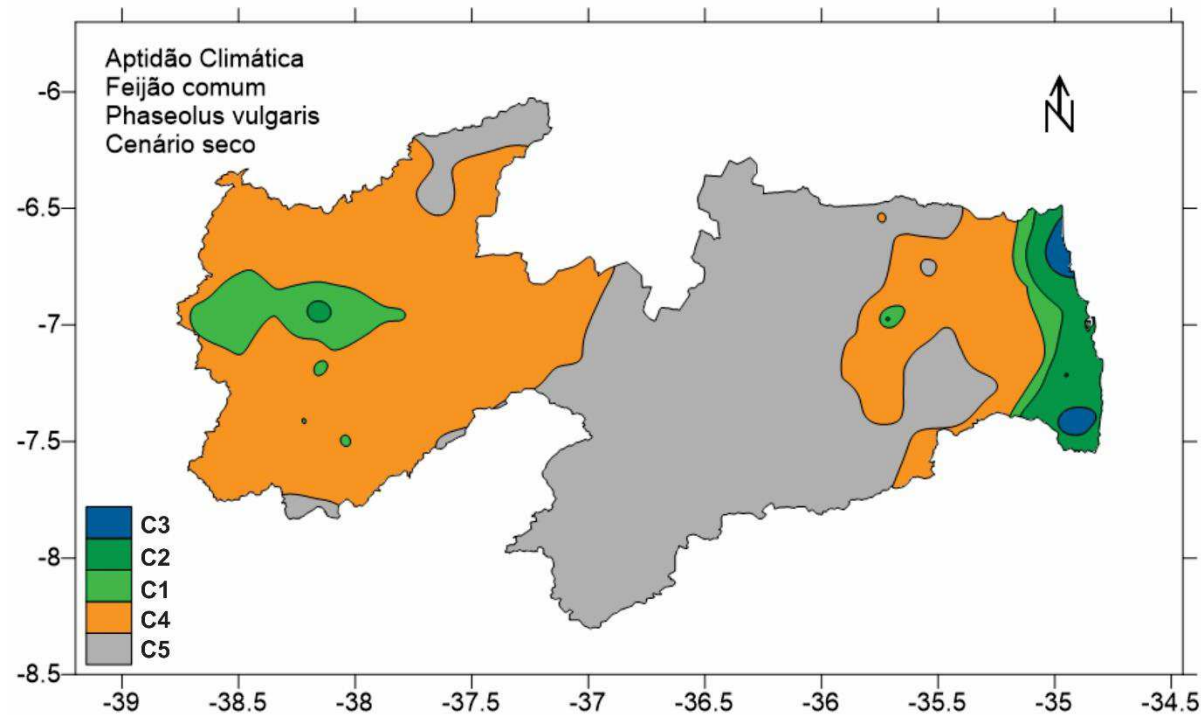


Figura 20. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão comum para o cenário seco.

Para a classe Moderada por deficiência hídrica (C4) com aumento gradativo da escassez hídrica, limitando o plantio, com 24.936,04 km<sup>2</sup> representando 44,24%, observa-se que para o cenário seco de 25% de probabilidade de ocorrência de chuvas, a área do Estado da Paraíba se localiza nas bordas orientais e ocidentais do Planalto da Borborema.

A classe inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) nos anos secos, onde o cultivo torna-se impróprio, devido à acentuada deficiência hídrica, onde praticamente restringe o cultivo do feijão comum, observa-se 25.950,03 km<sup>2</sup> representando 46,03% do total. Essas áreas localizam-se na região do Agreste Acatingado, sobre o planalto da Borborema na região do Cariri/Curimataú e no Sertão

próximo a divisa com o Rio Grande do Norte. De acordo com Francisco (2010) a região da Borborema tem o clima Semiárido Quente com a sua localização sobre o Planalto da Borborema.

No mapa de aptidão climática para cultura do feijão comum para o cenário regular (Figura 21), observa-se que 4,15% da área do Estado (Tabela 16) com 2.342,74 km<sup>2</sup> apresenta aptidão climática moderada por excesso hídrico (C3). Estas áreas abrangem toda a faixa Litorânea do Estado.

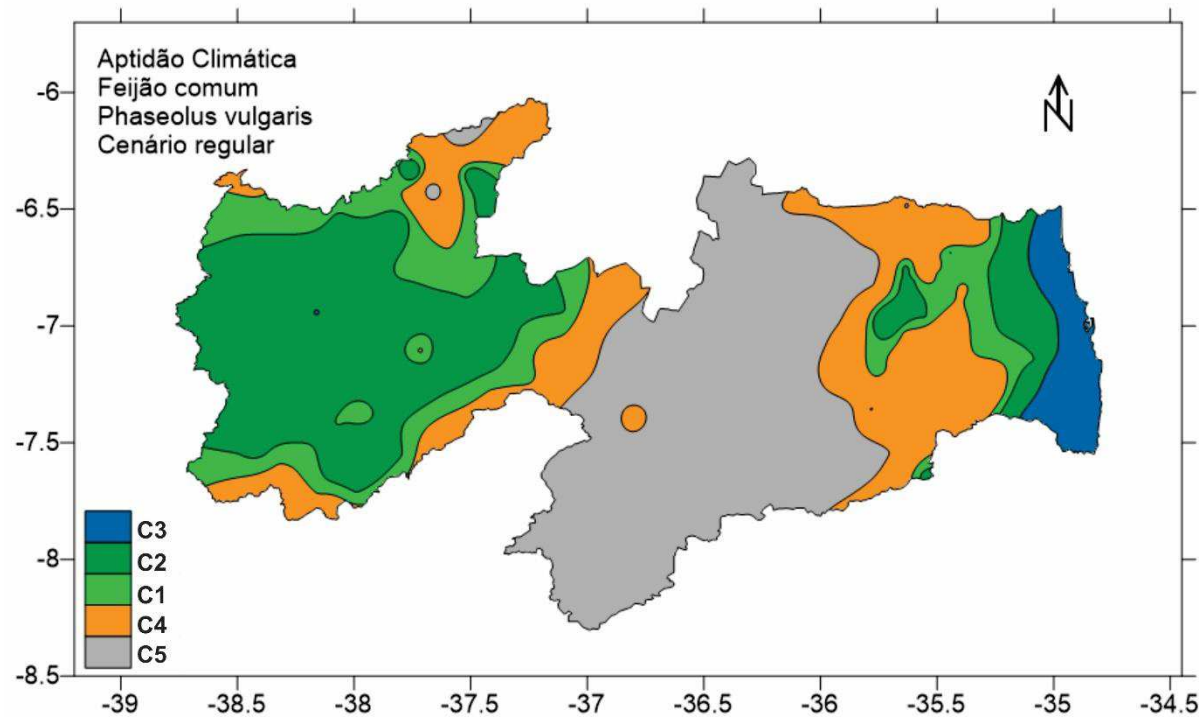


Figura 21. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão comum para o cenário regular.

Em áreas com aptidão plena com período chuvoso prolongado (C2), observa-se que o total é de 28,03% representando 15.804,37 km<sup>2</sup> de acordo com a Tabela 16. Essas áreas estão localizadas no Litoral, no Brejo e em grande parte do Sertão.

Na classe Plena (C1) do cenário regular (Figura 21), com 7.314,52 km<sup>2</sup> representando 12,97% do total, observa-se que ocorre na região do Agreste contornando a região dos Brejos, região de maior altitude, e que de acordo com Francisco (2010) está relacionado a áreas úmidas, da encosta oriental do Planalto, onde os totais da precipitação volta a crescer aos níveis do Litoral e a precipitação chega a ultrapassar os 1.400 mm.ano<sup>-1</sup> com uma altitude atingindo os 600 metros. A classe Plena ocorre também em quase toda a região do Sertão. De acordo com Francisco (2010), em todo o Alto Sertão, pela mais alta precipitação (>650 mm.ano<sup>-1</sup>), fertilidade dos solos e predominância de relevo suave ondulado são áreas de cultivo de feijão, milho, algodão, associadas à criação de gado, sendo frequente nas várzeas, o cultivo do arroz.

Para a classe Moderada por deficiência hídrica (C4) observa-se que para o cenário regular de 50% de probabilidade de ocorrência de chuvas, com aumento gradativo da escassez hídrica, limitando o plantio, com 11.244,88 km<sup>2</sup> representando 19,95%. Estas áreas ocorrem nas regiões do Cariri/Curimataú, sobre o Planalto da Borborema, de Monteiro e Sumé, divisa com Pernambuco, ao sul do Estado da Paraíba, chegando ao lado oeste até o Agreste, e ao norte, divisa com o Rio Grande do Norte próximo ao município de Nova Floresta. A classe Moderada ocorre também em áreas de altitude, divisas com Pernambuco e em áreas do final do rio Piranhas, ao norte divisas com o Rio Grande do Norte, onde de acordo com Francisco (2010), a altitude quase sempre é inferior a 350m, e em que à medida que a altitude decresce para nordeste, ao longo da drenagem, decresce também a precipitação.

Observa-se que as áreas inaptas por escassez hídrica (C5) no ano regular onde o cultivo torna-se impróprio, devido à acentuada deficiência hídrica, onde praticamente restringe o cultivo do feijão comum é de 34,9% (19.675,49 km<sup>2</sup>) (Tabela 16). Estas áreas ocorrem principalmente sobre o Planalto da Borborema, região mais seca, nas regiões do Cariri/Curimataú.

No mapa de aptidão climática para cultura do feijão comum para o cenário chuvoso, com probabilidade de chuvas de 75% de ocorrência de chuvas (Figura 22), observa-se que 32,5% da área do Estado (Tabela 16), apresenta aptidão climática moderada por excesso hídrico (C3). Estas áreas localizam-se em toda a faixa Litorânea do Estado, na região do Brejo, e em boa parte do Sertão Paraibano.

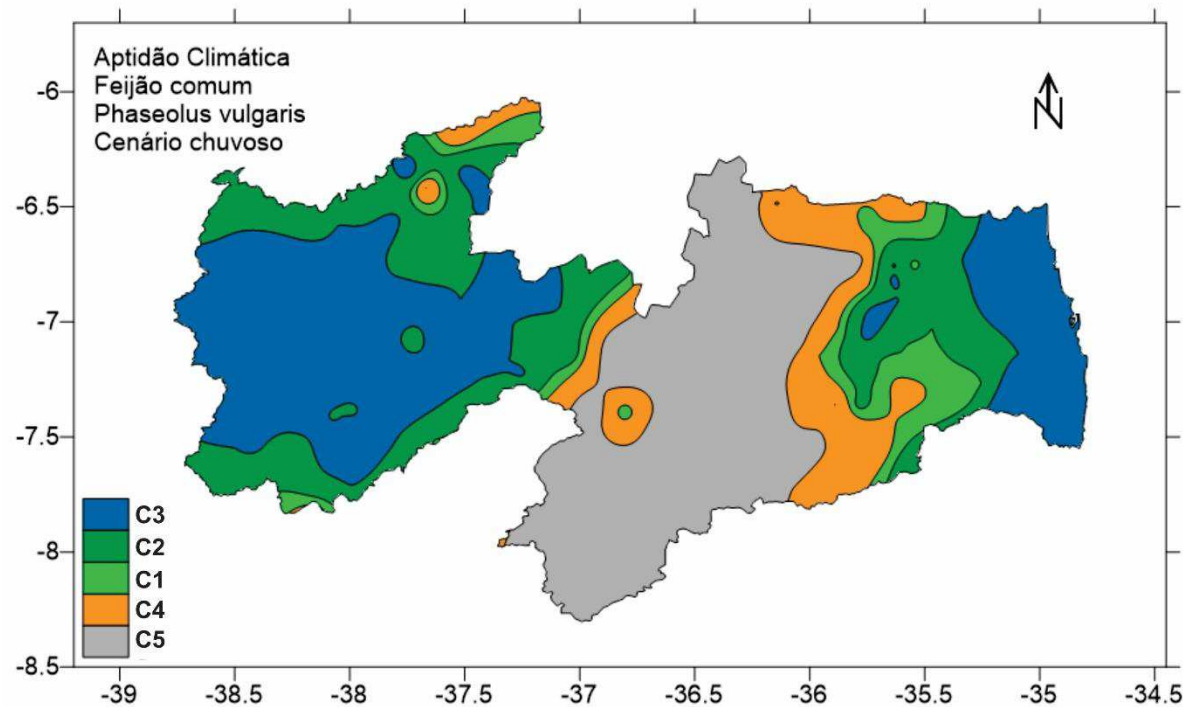


Figura 22. Mapa de aptidão climática para cultura do feijão comum para o cenário chuvoso.

Em áreas com aptidão plena com período chuvoso prolongado (C2), observadas, totalizam 12.116,21 km<sup>2</sup> representando 21,5% do total. Essas áreas localizam-se na região do Litoral formando uma faixa de norte ao sul adentrando na região do Brejo de maior altitude; e no Sertão em regiões de menores altitudes.

Na classe Plena (C1) do cenário chuvoso (Figura 22), observam-se áreas com aptidão plena, que climaticamente foram classificadas como aptas com 3.662,48 km<sup>2</sup> representando 6,5% do total. Essas áreas são faixas estreitas, de transição para a classe moderada por deficiência hídrica e que se localizam em regiões onde a altitude e onde o relevo interfere na distribuição das chuvas onde Francisco et al. (2011) relata que essas áreas mais declivosas apresentam declividades acima de 20%.

Para a classe Moderada por deficiência hídrica (C4), observa-se que para o cenário chuvoso, as áreas mapeadas totalizam em 5.960,63 km<sup>2</sup> representando 10,56% do total e seguem o mesmo padrão de distribuição e ocorrência do cenário regular com um aumento pequeno em suas áreas.

Observa-se que as áreas inaptas por escassez hídrica (C5) no ano chuvoso é de 28,94% (16.317,9 km<sup>2</sup>) (Tabela 16), onde o cultivo torna-se impróprio, devido à acentuada deficiência hídrica, e praticamente restringe o cultivo do feijão comum. Estas áreas ocorrem sobre o Planalto da Borborema, região mais seca, de clima do tipo Bsh.

**Cultura da Mandioca**

Na classe de aptidão climática Plena (C1) (Figura 23), observa-se que 17.255,18 km<sup>2</sup> representando 30,6% da área total do Estado (Tabela 17), ocorrem na região do Agreste, Agreste Acatingado e na região do Brejo e em áreas próximas a divisa ao sul com o Estado de Pernambuco e ao norte com o Rio Grande do Norte. Na região do Sertão ocorre em uma maior área voltada ao sul e voltando a ocorrer em uma menor área na divisa Potiguar. Estas áreas surgem como climaticamente propícias ao desenvolvimento da cultura e passa a constituir a região do Estado com maior potencial à produção da mandioca.

Tabela 17. Classes de aptidão climática para a cultura da mandioca

| Legenda | Aptidão climática                        | Cenário pluviométrico |       |
|---------|--|-----------------------|-------|
|         |  | km <sup>2</sup>       | %     |
| C1      | Plena                                    | 17.255,18             | 30,60 |
| C2      | Plena com período chuvoso prolongado     | 4.362,12              | 7,74  |
| C3      | Moderada por excesso hídrico             | 0,00                  | 0,00  |
| C4      | Moderada por deficiência hídrica         | 10.417,48             | 18,48 |
| C5      | Inapta por deficiência hídrica acentuada | 24.337,22             | 43,18 |

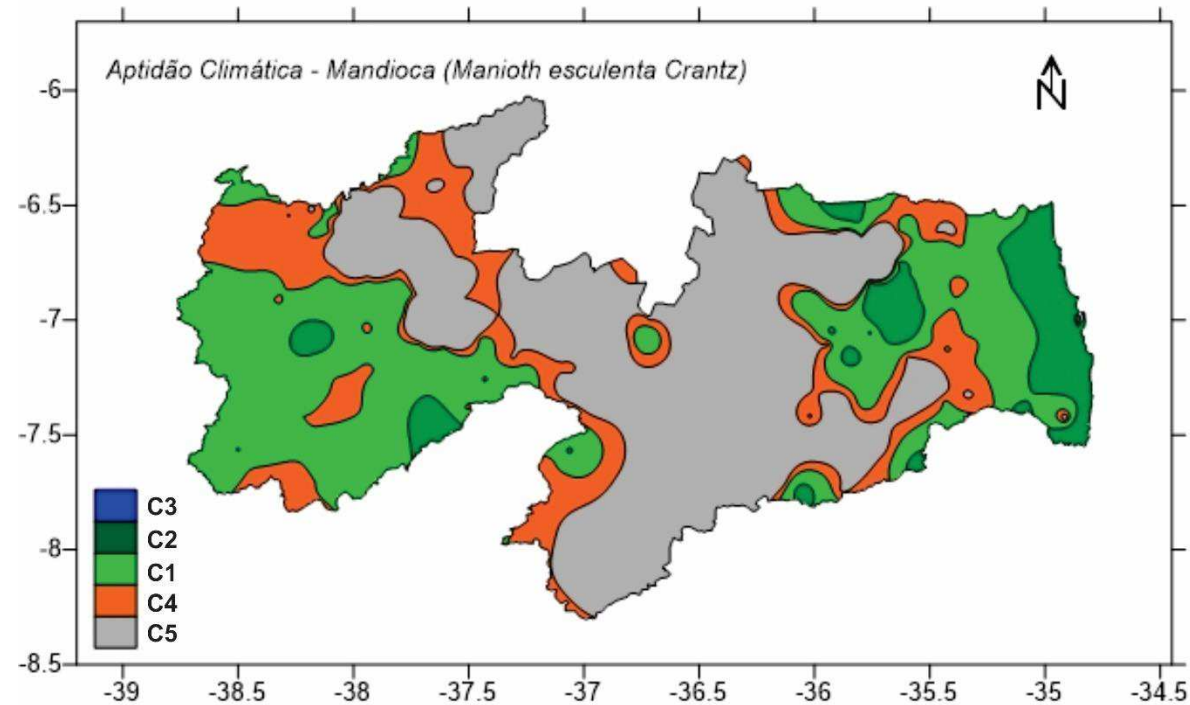


Figura 23. Aptidão climática para cultura da mandioca.

De acordo com Francisco (2010) nessa região a terra é intensivamente ocupada pela cana de açúcar, coqueiros, fruteiras diversas e culturas de subsistência e que apesar da baixa fertilidade dos solos, pela correção e adubação química, estas áreas são hoje, amplamente ocupadas pela cultura da cana de açúcar, além de abacaxi, inhame e mandioca. Ao norte, na proximidade da cidade de Guarabira, após o rio Mamanguape até o limite com o Rio Grande do Norte, a precipitação é mais elevada onde se ampliam as áreas de cultivo e é comum o plantio de mandioca.

No mapa de aptidão climática para cultura da mandioca, observa-se que 7,74% da área do Estado com 4.362,12 km<sup>2</sup> (Tabela 17), apresenta aptidão climática plena com período chuvoso prolongado (C2). Estas áreas ocorrem entre o litoral norte e sul do Estado



ocorrendo também na região do município de Areia, ao norte próximo a Araruna divisa com o rio Grande do Norte e ao sul, divisa com Pernambuco na região do município de Natuba e Alcantil. No Sertão ocorre entre os municípios de Imaculada e Água Branca.

De acordo com Francisco (2010) o termo brejo, é um termo relacionado a áreas úmidas, da encosta oriental do Planalto, onde os totais da precipitação volta a crescer aos níveis do Litoral. A precipitação chega a ultrapassar os  $1.400 \text{ mm.ano}^{-1}$  e a altitude atinge os 600 metros. Apesar do relevo forte ondulado e montanhoso, os solos argilosos e a boa disponibilidade de umidade, dão suporte ao cultivo da cana-de-açúcar, banana, citros, pastagem, fruteiras diversas e culturas alimentares como a mandioca.

Observa-se que para Estado da Paraíba não foram mapeadas áreas com aptidão climática da classe Moderada por excesso hídrico (C3).

Para a classe de aptidão climática Moderada por deficiência hídrica (C4), observa-se que com aumento gradativo da escassez hídrica, limitando o plantio, ocorrem na região do Agreste em uma faixa estreita entre a classe Plena e a Inapta e ocorrendo também entre o Planalto da Borborema, próximo ao município de Sumé, e o Sertão Paraibano ao norte entre São Jose de Espinharas, Catolé do Rocha e São João do Rio do Peixe, e ao sul pequena área localizada no município de Santana de Mangueira com  $10.417,47 \text{ km}^2$  representando 18,48% do total.

Conforme Jacomine et al. (1975), a cultura da mandioca é uma das mais antigas e tradicionais do Brasil, e é produzida em quase todos os municípios dos Estados nordestinos. Os autores relatam que no Estado da Paraíba a produção está distribuída pelas microrregiões da Borborema, Brejo Paraibano, Agreste da Borborema e Litoral Paraibano. Resultados similares encontrados neste trabalho.

De acordo com Francisco (2010), Catolé do Rocha e região, tem altitude quase sempre inferior a 350m e à medida que a altitude decresce para nordeste, ao longo da drenagem, decresce também a precipitação, com área tradicional de cultivo de algodão, hoje com pecuária e agricultura de subsistência.

A classe de aptidão climática Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) com  $24.337,22 \text{ km}^2$  representando 43,17% do total, onde restringe o cultivo da mandioca, se apresenta na região semiárida do Estado ocorrendo nas regiões do Cariri e Curimataú abrangendo o Planalto da Borborema, e na região do Sertão ao norte, entre os municípios de Condado, Pombal e Santa Cruz.

Luz et al. (2011), elaborando o zoneamento pedoclimático do Estado de Alagoas observou em seus resultados que a região do Sertão passou a constituir uma faixa de aptidão moderada por deficiência hídrica e outra inapta por deficiência hídrica severa e que a maior porção da superfície do Estado se encontra nas condições plena e moderada por apresentarem deficiência hídrica e, ou excesso hídrico não acentuado.

### Cultura da Mamona

Neste zoneamento da aptidão climática da mamona contemplam-se três cenários pluviométricos, os anos secos, regulares e chuvosos, e, no entanto, a mamona por se tratar de uma cultura de ciclo vegetativo longo, foi considerado apenas o mapa de aptidão climática para anos regulares de conformidade com Barros et al. (2012). No mapa de aptidão climática para a cultura da mamona (Figura 24), cenário regular com 50% de probabilidade, observa-se o predomínio da classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) em 51,79% da área representando 29.192,17 km<sup>2</sup>, (Tabela 18) abrangendo parte da região do Agreste, Cariri e Curimataú, e parte do Sertão.

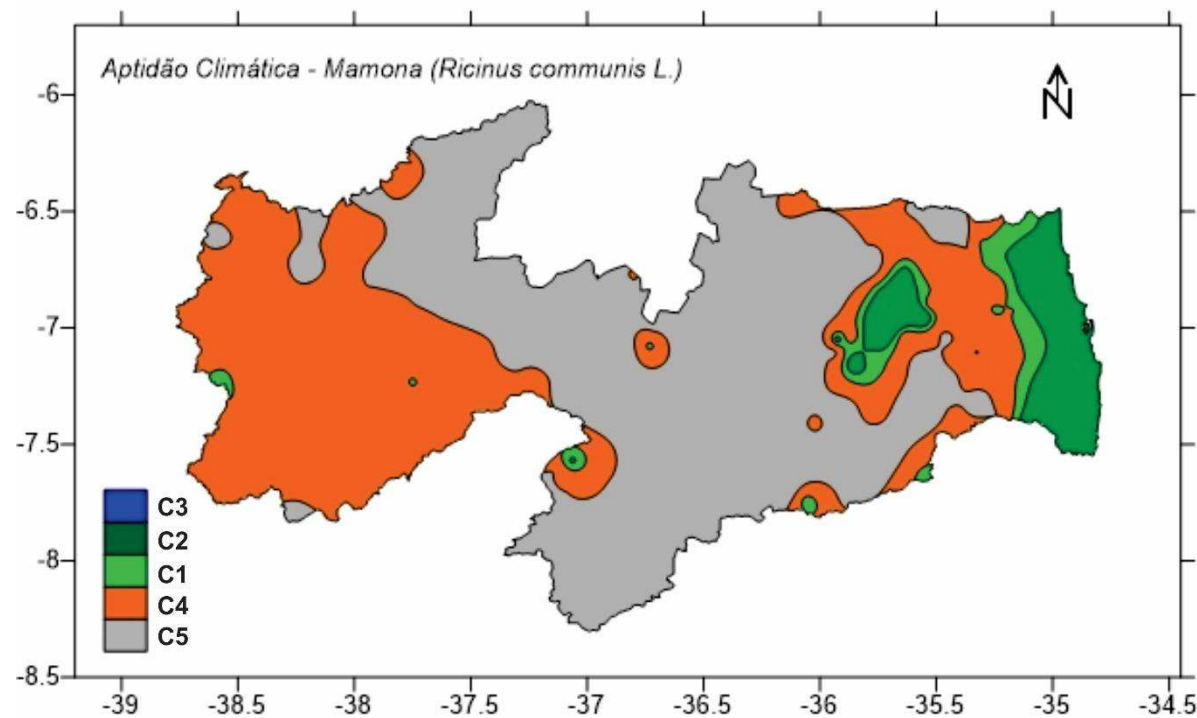


Figura 24. Aptidão climática para cultura da mamona.

Tabela 18. Classes de aptidão climática para cultura da mamona

| Legenda | Aptidão climática                        | Cenário pluviométrico regular |       |
|---------|--|-------------------------------|-------|
|         |  | km <sup>2</sup>               | %     |
| C1      | Plena                                    | 1.851,01                      | 3,28  |
| C2      | Plena com período chuvoso prolongado     | 3.734,04                      | 6,62  |
| C3      | Moderada por excesso hídrico             | 0,00                          | 0,00  |
| C4      | Moderada por deficiência hídrica         | 21.594,78                     | 38,31 |
| C5      | Inapta por deficiência hídrica acentuada | 29.192,17                     | 51,79 |

Amorim Neto et al. (2001a), observou que a grande maioria dos municípios do Estado da Paraíba, não se adequa ao cultivo da mamoneira, sendo que nas regiões fisiográficas do Litoral, Agreste e do Sertão, o fator limitante é a altitude; no Seridó a altitude e a precipitação; e no Curimataú e Cariri é a baixa precipitação.

Observa-se que a classe de aptidão Moderada por deficiência hídrica (C4) ocorre em 38,31%, ocupando 21.594,78 km<sup>2</sup> da área do Estado (Tabela 18). Estas áreas ocorrem na região do Sertão do Estado com altitude entre 300 e 400m e em parte do Agreste e Brejo com maiores altitudes entre 300 e 600m.

Conforme Francisco et al. (2015) a distribuição espacial da precipitação pluviométrica e da temperatura ocorre de forma irregular e com grande variabilidade durante todo o ano e com reduções significativas no índice de umidade na região do Cariri/Curimataú e em boa parte da divisa com o Rio Grande do Norte, nas regiões do Sertão e Alto Sertão.

No mapa de aptidão climática para a cultura da mamona (Figura 24), observa-se que não apresenta área mapeada para a aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3).

Observa-se que a classe de aptidão climática Plena com período chuvoso prolongado (C2) com 3.734,04 km<sup>2</sup> representando 6,62% da área total, ocorre em toda a faixa Litorânea de altitudes baixas e em parte da região do Brejo no município de Areia e contemplando o município de Campina Grande, região do Agreste entre as altitudes de 500 a 600 m.

A classe de aptidão Plena (C1), com 1.851,01 km<sup>2</sup> representando 3,28% da área total, ocorre nas regiões do Agreste e Brejo circundando entre os municípios de Campina Grande e Areia, e ocorrendo numa faixa estreita próximo ao Litoral e entre as classes C2 e C4.

De acordo com Barros et al. (2012) estas regiões reúne as melhores condições climáticas para a cultura, devido à baixa umidade do ar, precipitação pluviométrica de 700 mm a 1.400 mm e temperatura média do ar em conformidade as exigências energéticas da cultura, entre 26 a 28°C.

Francisco et al. (2015) observaram que a distribuição temporal da temperatura do ar médio anual para o Estado da Paraíba oscila entre 21,5 a 26°C, e que os valores mais elevados, devem-se aos fatores atuantes na atmosfera como alta intensidade dos raios solares, e baixas coberturas de nuvens, flutuações irregulares da umidade relativa do ar e a oscilação da pressão atmosférica. Com relação à distribuição anual, observaram a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado, regiões do Cariri/Curimataú, com os menores valores de precipitação, no Sertão e Alto Sertão. Já no Brejo e Agreste e Litoral apresentam-se valores maiores.

De acordo com Amorim Neto (2000b) algumas regiões do Estado da Paraíba apresentam condições climáticas favoráveis ao cultivo da mamoneira, como Água Branca, Conceição, Imaculada, Juru, Mãe D'água, Manaíra, Monteiro, Princesa Isabel, Serra Branca, Serra Grande e Teixeira.

Observa-se que a possibilidade de uma maior produção da cultura da mamona no Estado da Paraíba beneficiaria economicamente os produtores e a população. De acordo com Amorim Neto (2000) a revitalização desta cultura no Nordeste beneficiaria 38 mil produtores, ocupando um contingente de 74 mil trabalhadores/ano e uma população dependente de 228 mil pessoas (BELTRÃO & FREIRE, 1997) constituindo-se, portanto, numa importante alternativa agrícola para o semiárido nordestino, por sua resistência à seca e por ser geradora de emprego e de matéria-prima para o parque ricinoquímico do país. Apesar do cultivo da mamoneira não ser tradição entre os produtores paraibanos, a produtividade média de alguns municípios é maior que a média de produtividade do Estado da Bahia.

### Cultura do Milho

No mapa de aptidão climática para a cultura do milho (Figura 25), cenário seco com 25% de probabilidade, observa-se o predomínio da classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) em 96,55% da área com 54.426,79 km<sup>2</sup> (Tabela 19) abrangendo quase todas as regiões do Estado. De acordo com Barros et al. (2012) no cenário seco as possibilidades climáticas para o cultivo do milho são muito reduzidas devido à escassez hídrica.

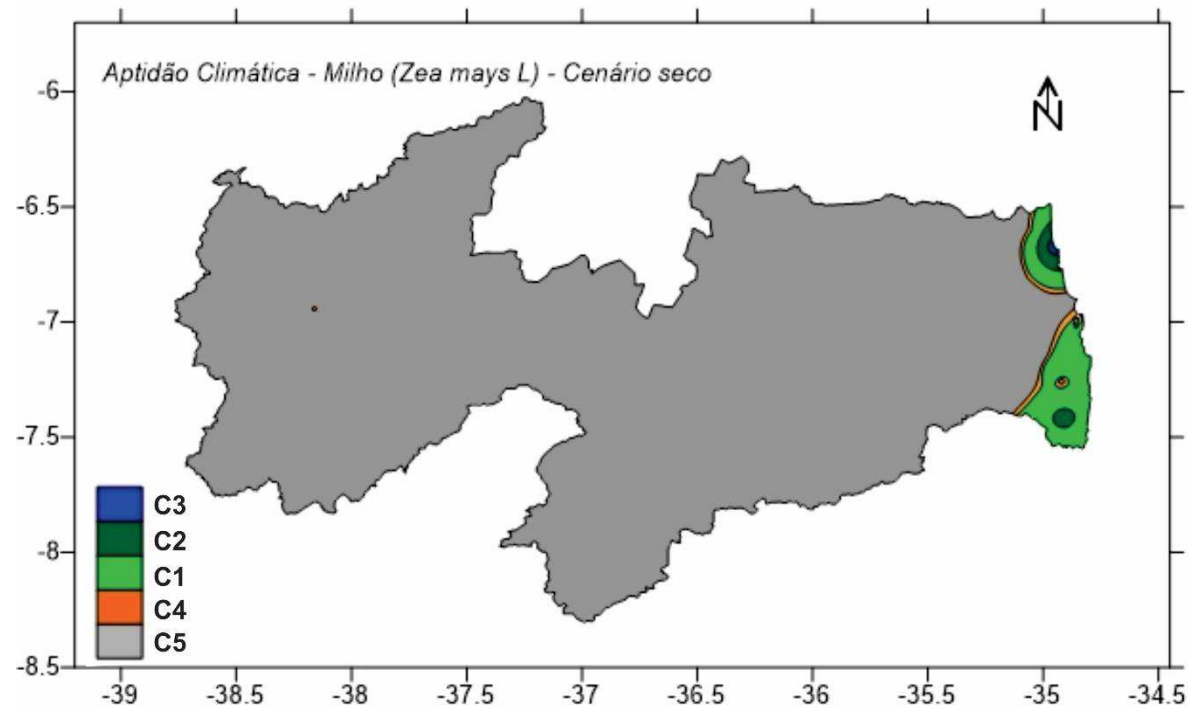


Figura 25. Aptidão climática para cultura do milho para o cenário seco.

A classe de aptidão Moderada por deficiência hídrica (C4) ocorre numa estreita faixa na região do Litoral em 255,71 km<sup>2</sup>, ocupando 0,45% da área do Estado. Observa-se que 0,04% da área do Estado em 22,84 km<sup>2</sup> (Tabela 19), apresenta aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3) localizada somente na região do Litoral norte no município de Baía da Traição. A classe de aptidão climática Plena com período chuvoso prolongado (C2) com 202,41km<sup>2</sup> representando 0,36% da área total, ocorre nos municípios de Mataraca, Baía da Traição e Marcação, região do Litoral norte; na região do litoral sul ocorre na região sul do município de Alhandra.

Observa-se que 2,6% da área do Estado apresenta aptidão climática Plena (C1), com 1.464,25 km<sup>2</sup>, ocorrendo na região do Litoral norte nos municípios de Mataraca, Rio Tinto, Baía da Traição e Marcação; na região do litoral sul ocorre nos municípios de Cabedelo, João Pessoa, Conde, Alhandra, Pitimbu, Caaporã e parte de Pedras de Fogo e Santa Rita.

Tabela 19. Classes de aptidão climática para cultura do milho

| Legenda | Aptidão climática                        | Cenário pluviométrico |       |                 |       |                 |       |
|---------|--|-----------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|         |  | Seco                  |       | Regular         |       | Chuvoso         |       |
|         |  | km <sup>2</sup>       | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     |
| C1      | Plena                                    | 1.464,25              | 2,60  | 6.205,93        | 11,01 | 9.587,75        | 17,00 |
| C2      | Plena com período chuvoso prolongado     | 202,41                | 0,36  | 1.192,66        | 2,11  | 13.460,77       | 23,88 |
| C3      | Moderada por excesso hídrico             | 22,84                 | 0,04  | 1.153,79        | 2,04  | 4.894,31        | 8,68  |
| C4      | Moderada por deficiência hídrica         | 255,71                | 0,45  | 3.435,12        | 6,09  | 1.047,27        | 1,86  |
| C5      | Inapta por deficiência hídrica acentuada | 54.426,79             | 96,55 | 44.384,50       | 78,75 | 27.381,90       | 48,58 |

Para o cenário regular com 50% de probabilidade de chuvas (Figura 26), observa-se que 11,01% da área do Estado (Tabela 19), apresenta aptidão climática Plena (C1), com 6.205,93 km<sup>2</sup>, ocorrendo na região do Litoral e em pequena região do Brejo paraibano, no município de Areia e na região do Sertão ocorre em toda a sua região central. De acordo com Barros et al. (2012) no cenário pluviométrico regular grande parte da área não ocorre as melhores condições climáticas para o cultivo do milho.

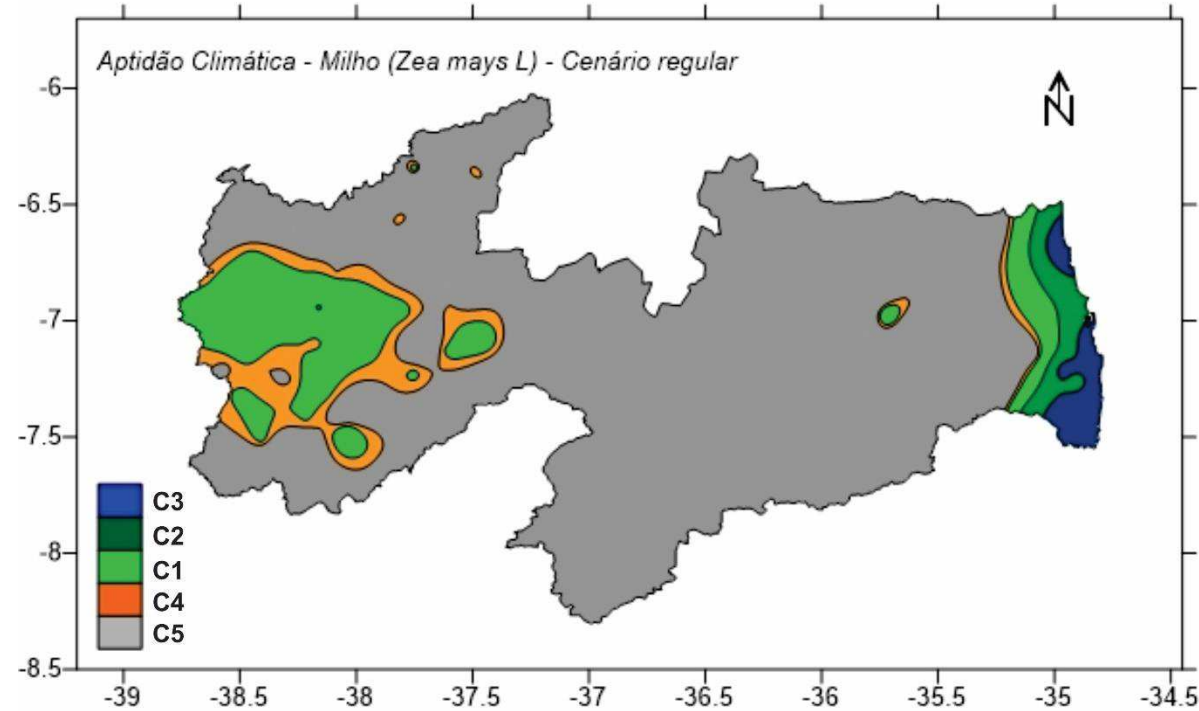


Figura 26. Aptidão climática para cultura do milho para o cenário regular.

A classe de aptidão climática Plena com período chuvoso prolongado (C2) com 1.192,66 km<sup>2</sup> representando 2,11% da área total, ocorre somente na faixa litorânea. Observa-se que 2,04% da área do Estado em 1.153,79 km<sup>2</sup> (Tabela 19), apresenta aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3) localizada na região do Litoral norte no município de Baía da Traição e no Litoral sul em Cabedelo, João Pessoa, Conde, Alhandra, Pitimbu, Caaporã e parte de Pedras de Fogo.

Para a classe Moderada por deficiência hídrica (C4) com aumento gradativo da escassez hídrica, limitando o plantio, observa-se que ocorrem em pequena faixa estreita entre as classes C5 e C1 no Litoral, Brejo e Sertão, com 3.435,12 km<sup>2</sup> representando 6,09% da área



total. A classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5), com 44.384,50 km<sup>2</sup> representando 78,75% da área total, abrange boa parte do Agreste e Brejo, a região do Cariri/Curimataú sobre o planalto da Borborema e parte do Sertão.

No mapa de aptidão climática para a cultura do milho no cenário chuvoso com 75% de probabilidade (Figura 27), observa-se que 8,68% da área do Estado em 4.894,31 km<sup>2</sup> (Tabela 19), apresenta aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3) localizada na região do Litoral e em alguns municípios da região do Sertão em Cajazeiras, São Jose de Lagoa Tapada, Piancó, Olho D'agua, Catingueira e Santa Teresinha.

De acordo com Barros et al. (2012) onde o período chuvoso for demasiadamente longo, o ciclo vegetativo da cultura podem apresentar problemas devido ao encharcamento do solo, de modo que a colheita, o armazenamento e a secagem de grãos podem ser prejudicados. Nessas condições, mesmo que o plantio seja realizado tardiamente para assegurar alguns meses secos na colheita e na secagem dos grãos, não há como oferecer ao agricultor a indicação da melhor época de plantio. Por isso, no zoneamento de aptidão climática as áreas classificadas como moderada e plena por excesso de umidade refletem a condição desfavorável de um período seco para colheita.

A classe de aptidão climática Plena com período chuvoso prolongado (C2) com 13.460,77 km<sup>2</sup> representando 23,88% da área total, ocorre na faixa Litorânea, do Agreste e Brejo, na região central do Sertão. A classe de aptidão Plena (C1), com 9.587,75 km<sup>2</sup> representando 17% da área total, ocorre nas regiões do Agreste, Brejo e em torno dos contrafortes do Sertão e Alto Sertão.

A classe de aptidão climática Moderada por deficiência hídrica (C4) observa-se que ocorrem em pequenas faixas estreitas entre as classes C1 e C3, com 1.047,27 km<sup>2</sup> representando 1,86% da área total. A classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5), com 27.381,90 km<sup>2</sup> representando 48,58% da área total, abrange todo o planalto da Borborema nas regiões do Cariri e do Curimataú, na região do Agreste e na região do Sertão em direção voltada ao Estado do Rio Grande do Norte.

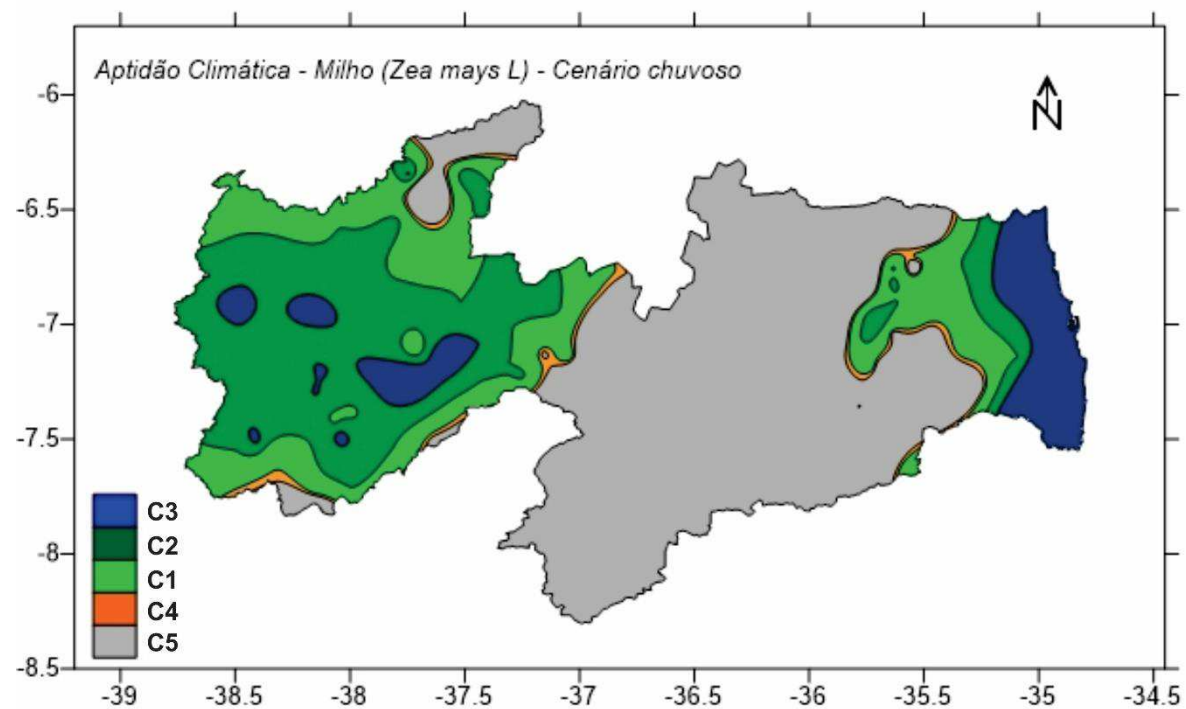


Figura 27. Aptidão climática para cultura do milho para o cenário chuvoso.

**Cultura do Sorgo**

No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo (Figura 28), cenário seco com 25% de probabilidade, observa-se o predomínio da classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) em 52,87% da área representando 29.801,84 km<sup>2</sup>, (Tabela 20) abrangendo parte da região do Agreste, Cariri e Curimataú, e parte do Sertão.

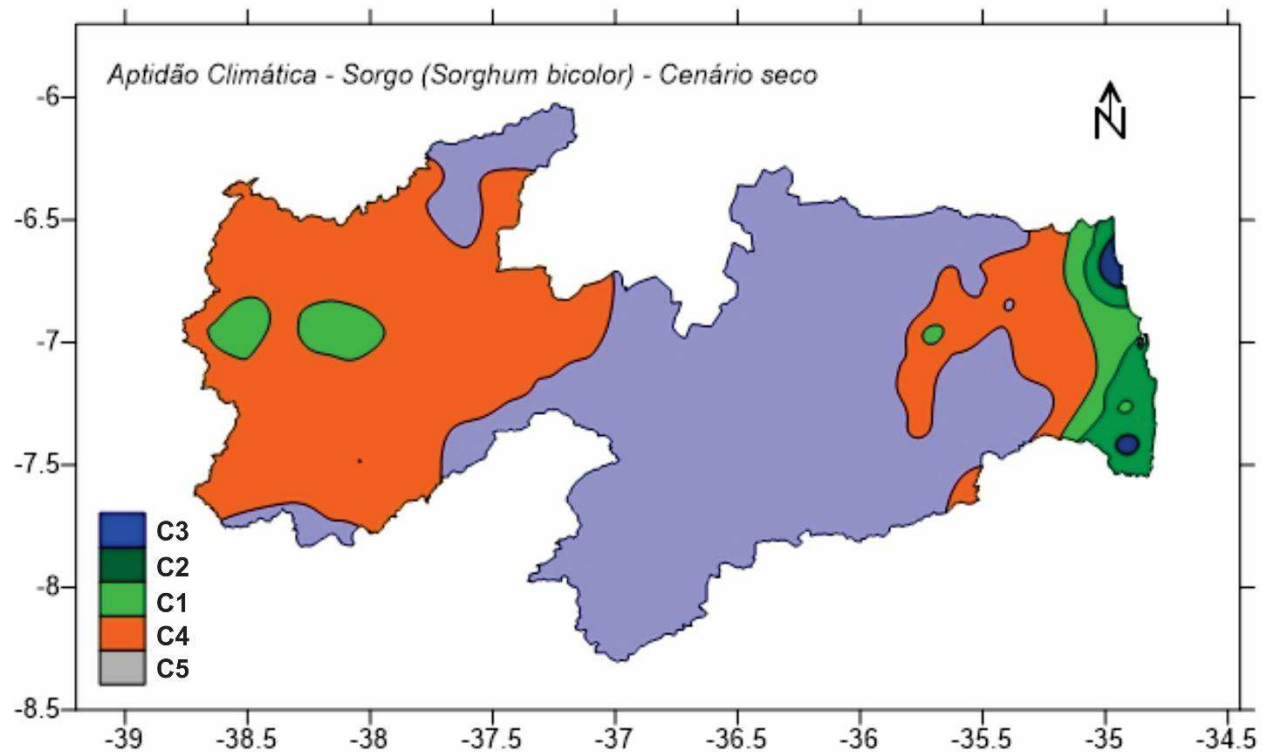


Figura 28. Aptidão climática no cenário seco para a cultura do sorgo.

A planta de sorgo se adapta a uma gama de ambientes, principalmente sob condições de deficiência hídrica, desfavoráveis à maioria dos outros cereais (TARDIN et al., 2010). De acordo com Tabosa et al. (2002) vale salientar que a cultura do sorgo é recomendada para o semiárido por se comportar como estratégica e alternativa, em face de suas características xerófilas, o que provavelmente confere ao sorgo características de resistência ao estresse hídrico.

Tabela 20. Classes de aptidão climática para cultura do sorgo

| Legenda | Aptidão climática                        | Cenário pluviométrico |       |                 |       |                 |       |
|---------|--|-----------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|         |  | Seco                  |       | Regular         |       | Chuvoso         |       |
|         |  | km <sup>2</sup>       | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     |
| C1      | Plena                                    | 2.625,34              | 4,65  | 16.859,34       | 29,91 | 4.911,60        | 8,71  |
| C2      | Plena com período chuvoso prolongado     | 1.464,30              | 2,60  | 6.240,24        | 11,07 | 9.578,46        | 16,70 |
| C3      | Moderada por excesso hídrico             | 225,21                | 0,40  | 2.342,71        | 4,16  | 18.345,58       | 32,64 |
| C4      | Moderada por deficiência hídrica         | 22.255,31             | 39,48 | 8.876,29        | 15,75 | 5.314,68        | 9,43  |
| C5      | Inapta por deficiência hídrica acentuada | 29.801,84             | 52,87 | 22.052,92       | 39,11 | 18.221,68       | 32,52 |

Observa-se que a classe de aptidão Moderada por deficiência hídrica (C4) ocorre em 39,48%, ocupando 22.255,31 km<sup>2</sup> da área do Estado (Tabela 20). Estas áreas ocorrem na região do Sertão do Estado e em parte do Agreste e Brejo. De acordo com Barros et al. (2012) evidencia que a cultura do sorgo é resistente a deficiência hídrica, mesmo nos anos considerados secos. Conforme Santos e Tardin (2010), a planta de sorgo se adapta a vários ambientes, principalmente a condições hídricas desfavoráveis e, portanto, a cultura está apta a se desenvolver em regiões em que a distribuição de chuvas é irregular.

No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo (Figura 28), observa-se que apresenta pequena área mapeada para a aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3) localizada no Litoral podendo prejudicar a colheita com 225,21 km<sup>2</sup> representando 0,40% da área total. Observa-se que a classe de aptidão climática Plena com período chuvoso prolongado (C2) com 1.464,30 km<sup>2</sup> representando

2,60% da área total, ocorre em quase toda a faixa Litorânea excluindo a parte central. A classe de aptidão Plena (C1), com 2.625,34 km<sup>2</sup> representando 4,65% da área total, ocorre nas regiões do Litoral e Agreste. No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo (Figura 29), cenário regular com 50% de probabilidade, observa-se o predomínio da classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) em 39,12% da área representando 22.052,92 km<sup>2</sup>, (Tabela 20) abrangendo o Cariri e Curimataú, pequena área ao norte do Sertão com divisa com o Estado do Rio Grande do Norte.

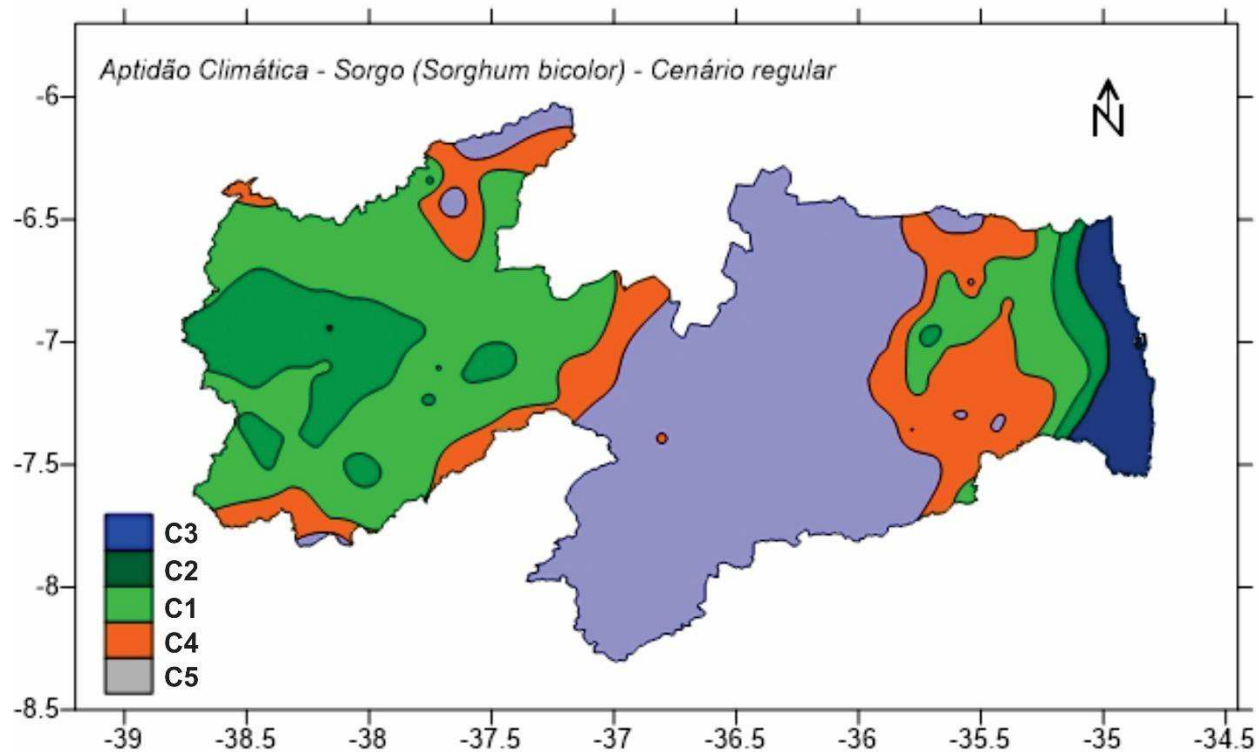


Figura 29. Aptidão climática no cenário regular para a cultura do sorgo.

Observa-se que a classe de aptidão Moderada por deficiência hídrica (C4) ocorre em 15,75%, ocupando 8.876,79 km<sup>2</sup> da área do Estado (Tabela 20). Estas áreas ocorrem na região do Sertão do Estado entre o planalto da Borborema e a depressão do Sertão e nos contrafortes em divisa com Pernambuco e na região ao norte com divisa com o Rio Grande do Norte; e em parte do Agreste ao sul e Brejo ao norte.

No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo (Figura 29), observa-se que apresenta área mapeada para a aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3) com 2.342,71 km<sup>2</sup> representando 4,16% da área total localizada somente na região do Litoral do Estado que de acordo com Barros et al. (2012) onde pode apresentar condições pouco favoráveis devido ao excesso hídrico. Observa-se que a classe de aptidão climática Plena com período chuvoso prolongado (C2) com 6.240,24 km<sup>2</sup> representando 11,07% da área total, ocorre na faixa Litorânea entre as classes C3 e C1; e na região central do Sertão Paraibano. A classe de aptidão Plena (C1), com 16.859,34 km<sup>2</sup> representando 29,91% da área total, ocorre em faixa da região do Litoral e Agreste e na região do Brejo; e em quase todo o Sertão Paraibano em áreas com altitude mais baixas entre 300 m.

No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo (Figura 30), cenário chuvoso com 75% de probabilidade, observa-se o predomínio da classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) em 32,32% da área representando 18.221,68 km<sup>2</sup>, (Tabela 20) sob o planalto da Borborema nas regiões do Cariri e Curimataú.

De acordo com Landau e Sans (2010) embora seja uma cultura resistente a estresse hídrico, o sorgo também sofre efeito do déficit hídrico, chegando a reduzir consideravelmente a produtividade quando submetido a estresse. O déficit hídrico tem influência direta na taxa fotossintética, a qual está associada diretamente com a produção de grãos. A perda de produtividade em função da exposição da cultura a déficit hídrico varia principalmente em função do estágio fenológico das plantas, do tempo de duração do estresse e do genótipo das plantas.

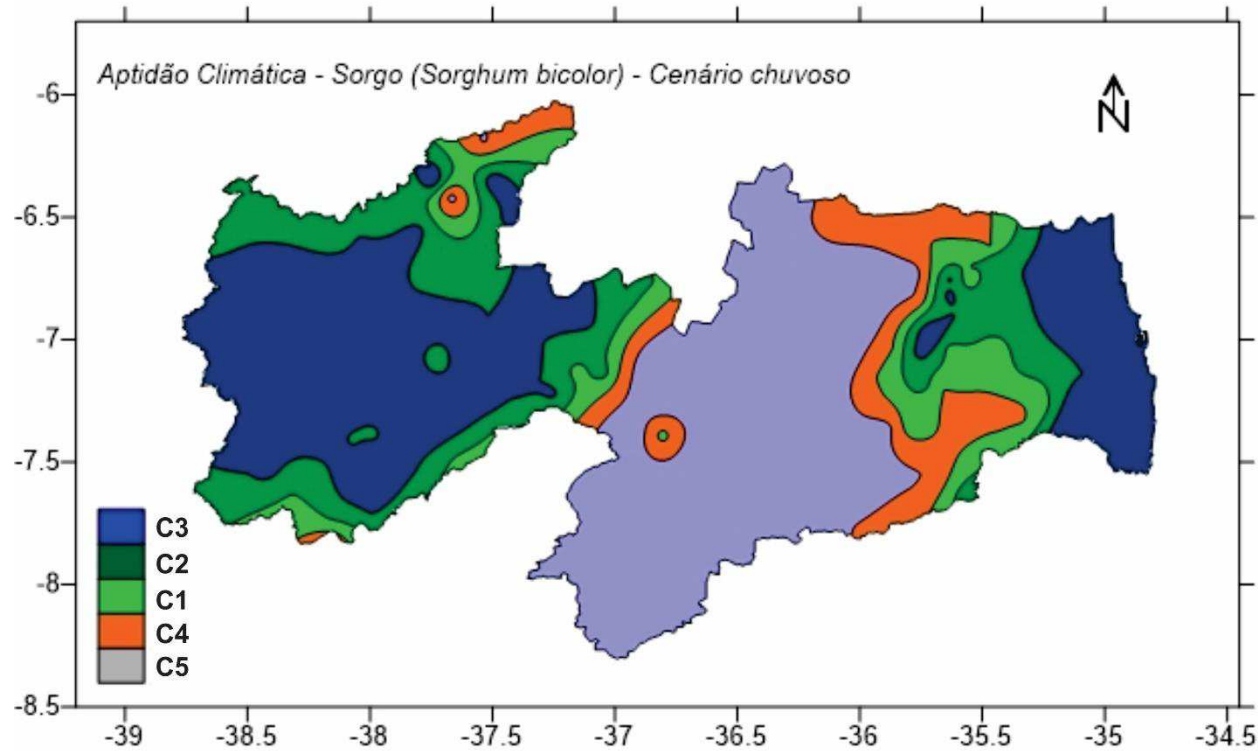


Figura 30. Aptidão climática no cenário chuvoso para a cultura do sorgo.

Observa-se que a classe de aptidão Moderada por deficiência hídrica (C4) ocorre em 9,43%, ocupando 5.314,68 km<sup>2</sup> da área do Estado (Tabela 20). Estas áreas ocorrem entre a região do Sertão do Estado área de divisa entre o planalto da Borborema ao oeste; e ao leste entre a região do Brejo e Agreste nos contrafortes da Serra da Borborema adentrando ao Agreste.

No mapa de aptidão climática para a cultura do sorgo (Figura 30), observa-se que apresenta área mapeada para a aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3) com 18.345,58 km<sup>2</sup> representando 32,54% da área total localizada entre toda a região do Litoral do

Estado e em pequena área de maiores altitudes próximo ao município de Areia região do Brejo; e ao oeste em toda a região Central do Sertão.

Observa-se que a classe de aptidão climática Plena com período chuvoso prolongado (C2) com 9.578,46 km<sup>2</sup> representando 16,7% da área total, ocorre na faixa Litorânea entre as classes C3 e C1 na região do Agreste e Brejo em pequenas áreas; e na região do Sertão Paraibano ocorrendo entre os contrafortes do planalto da Borborema e ao norte fazendo divisa com o Estado do Rio Grande do Norte. A classe de aptidão Plena (C1), com 4.911,60 km<sup>2</sup> representando 8,71% da área total, tem o mesmo comportamento da classe de aptidão Plena, ocorrendo entre as classes C2 e C4.

De acordo com Landau e Martins Netto (2015), apesar do aumento considerável de área plantada com sorgo granífero nas últimas décadas, dada a tolerância da cultura ao estresse hídrico, é provável que ainda existam regiões com potencial de expansão de sorgo granífero. É o caso dos resultados encontrados neste trabalho.

Landau e Martins Netto (2015) recomendam que para estimular o desenvolvimento sustentável do plantio de sorgo nas áreas identificadas neste trabalho, assim como nas áreas plantadas atualmente, precisará levar em conta diversos aspectos relacionados com o plantio da cultura, no intuito de maximizar vantagens e minimizar prejuízos futuros, considerando estratégias para minimizar o uso indiscriminado de agrotóxicos, controlar a erosão do solo, estimular a rotação de culturas, além de promover a adoção de práticas tecnicamente apropriadas, ambientalmente corretas, economicamente viáveis e socialmente aceitáveis, e que contribuam para a manutenção da sustentabilidade.



**Referências Bibliográficas**

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2007. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 25 de março de 2011.
- ALDRICH, S. R.; SCOTT, W. O.; LENG, E. R. Modern corn production. 2 ed. Champaign: A&L Publication, 1982. 371p.
- AMARAL, J. A. B.; SILVA, M. T. Zoneamento Agrícola do Algodão Herbáceo no Nordeste Brasileiro Safra 2005/2006. Estado de Pernambuco. 2006.
- AMORIM NETO, M. DA S.; ARAÚJO, A.E. DE; BELTRÃO, N.E. DE M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P. DE; LIMA, E. F. Zoneamento agroecológico e época de semeadura para a mamoneira na Região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.9, p.551-556, 2001.
- AMORIM NETO, M. DA S.; ARAÚJO, A. E. DE; BELTRÃO, N.E. DE M.; SILVA, L. C.; GOMES, D. C. Zoneamento e Época de Plantio para a Mamoneira - Estado da Paraíba. Comunicado Técnico 108. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Embrapa Algodão. Campina Grande, PB. 2000.
- AMORIM NETO, M. DA S.; ARAÚJO, A. E. DE; CARAMORI, P. H.; GONÇALVES, S. L.; WREGGE, M. S.; LAZZAROTTO, C.; LAMAS, F. M.; SANS, L. M. A. Zoneamento agroecológico e definição da época de semeadura do algodoeiro no Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.9, p.422-428, 2001.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. DE; MELO SILVA, F. A. DE; LIMA, M. G. DE; AMARAL, J. A. B. DO. Zoneamento de aptidão climática para o algodoeiro herbáceo no Estado do Piauí. Revista Ciência Agronômica, v.40, n.2, p.175-184. 2009.
- ANJOS E SILVA, S. D. DOS. Avaliação de cultivares de mamona em Pelotas – RS, Safra 2003/04. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.
- ARAGÃO, J. O. R. O impacto do ENOS e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. Boll. Inst. Fr. Etudes Andines, v.27, n.3, p.839-844, 1998.

- ARAGÃO, J. O. R. Um Estudo da Estrutura das Perturbações Sinóticas no Nordeste do Brasil. 51p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1975.
- ARAÚJO, A. E. DE; AMORIM NETO, M. DA S.; BELTRÃO, N. E. DE M. Municípios aptos e épocas de plantio para o cultivo da mamoneira no estado da Paraíba. Revista de Oleaginosas e Fibrosas, v.4, p.103-110, 2000.
- ARAÚJO, L. E. DE; SOUSA, F. DE A. S. DE; RIBEIRO, M. A. DE F. M.; SANTOS, A. S. DOS; MEDEIROS, P. DA C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.2, p.162-169, 2008.
- ARRUDA, A. DE S.; LOPES NETO, J. P.; MENDES, F. DE A.; MARQUES, J. I.; LEITE, P. G. Propriedades físicas e de fluxo da farinha de mandioca para o dimensionamento de silos. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC 2014, Teresina. Anais...Teresina, 2014.
- ARRUDA, H. V.; PINTO, H. S. A simplified gamma probability model for analysis of the frequency distribution of rainfall in the region of Campinas, SP-Brasil. Agricultural Meteorology, v.22, p.101-108, 1980.
- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V. DE; PEREIRA, A. R. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas: UFPel, 1996. 161p.
- AZEVEDO, D. M. P. DE; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, cap.3, p.63-76. 2001.
- BARBIERI, V. Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): um modelo matemático – fisiológico de estimativa. 140p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 1993.
- BARROS, A. H. C.; ARAÚJO FILHO, J. C. DE; SILVA, A. B. DA; SANTIAGO, G. A. C. F. Climatologia do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 211. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32p.
- BARROS, A. H. C.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; TABOSA, J. N. Aptidão climática do Estado de Alagoas para culturas agrícolas. Relatório Técnico. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos n.10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife: Embrapa Solos, 2012. 86p.

- BASTOS, E. A. Embrapa Meio Norte. Agencia Embrapa de Informação Tecnológica. Arvore do conhecimento. Feijão Caupi. Clima. 2012. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01\\_33\\_510200683536.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_33_510200683536.html). Acesso em: 28/12/2015.
- BELTRÃO, N. E. M. Clima regula produção e qualidade da fibra do algodoeiro. *Visão Agrícola*, v.6, p.76-77. 2006.
- BELTRÃO, N.E.M., SILVA, L.C. Os múltiplos usos do óleo da mamona (*Ricinus communis L.*) e a sua importância do seu cultivo no Brasil. *Fibras e Óleos*, v.31. 1999.
- BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; AMORIM, M L. C. M. Opções para a produção de biodiesel no semiárido brasileiro em regime de sequeiro: porque algodão e mamona. Embrapa Algodão. Documentos, 220. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 36p.
- BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA J. G. Estresse hídrico (deficiência e excesso) e seus efeitos no crescimento inicial da mamoneira, cultivar BRS 188 Paraguaçu. *Revista de Oleaginosas e Fibrosas*, v.7, p.735-741, 2003.
- BELTRÃO, N. E. de M.; FREIRE, E.C. I Workshop do Programa Sistema de Produção de Matéria-Prima. EMBRAPA - CNPA. Documentos, 50. Campina Grande, 1997, 159p.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.2, p.243-249. 2006.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. Agrometeorologia do Milho In: Monteiro, J. E. (Ed.). *Agrometeorologia dos Cultivos: Fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília, INMET, 2009. 530p.
- BETTINI, C. Conceitos básicos de geoestatística. In: Meirelles, M. S. P.; Câmara, G.; Almeida, C. M. (Ed.). *Geomática: modelos e aplicações ambientais*. Brasília: Embrapa, p.193-234. 2007.
- BEVILACQUA, L. B. Sazonalidade da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico em uma área agrícola no RS. 52f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Naturais e Exatas. Programa de Pós-Graduação em Física. RS, 2012.

- BONETT, L. P.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; SCHUELTER, A. R.; VIDIGAL FILHO, BRAGA, C. C.; SILVA, B. B. Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 6, Salvador. 1990. Anais... Salvador, p.200-205. 1990.
- BRAGA, C. C.; SILVA, B. B. Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 6, Salvador. Anais... Salvador, p.200-205. 1990.
- BRITO NETO, J. F. DE; SOUZA, K. S. DE; GUEDES FILHO, D. H.; LACERDA, J. S. DE; COSTA, D.S.; SANTOS, D. P. DOS; SENA, G. S. A. DE. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. In: Reunião Brasileira de Manejo de Solo e Água, 2008. Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2008.
- CAMARGO, A. P.; ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S.; CHIARINI, J. V. Zoneamento de aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado. In: Simpósio sobre o Cerrado: bases para a utilização agropecuária, 4, Anais... Coord. MG. Ferri, Belo Horizonte, Ed. Itatiaia, São Paulo, EDUSP, 1977, p.89-105.
- CAMARGO, A. P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Boletim técnico, 116. Campinas, IAC, 1971.
- CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; FROTA, A. B.; MELO, D. DE B. Arranjo populacional no consórcio milho x feijão macassar (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) em regime de sequeiro. Revista Ceres, v.41, n.233, p.19-27, 1994.
- CARDOSO; C. E. L.; ALVES; R. N. B.; SANTANA, M. DO A.; LOPES, O. M. N. Custos de produção de mandioca no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Mandioca, 11, Campo Grande, 2005. Anais...Campo Grande, 2005.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; TRINDADE, J. K. DA. Ajustes de funções de distribuição de probabilidade à radiação solar global no Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.1157-1166, 2004.
- CARMONA, M.; BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, J. M.; CORDÃO, F. P.; ARIAS, A. Breve história do algodão no Nordeste do Brasil. IN: CARMONA, M.; BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, J. M.; CORDÃO, F. P.; ARIAS, A. A reintrodução da cultura do algodão no semiárido do Brasil através do fortalecimento da agricultura familiar: um resultado prático da atuação do COEP. Rio de Janeiro: Oficina Social. Centro de Tecnologia, Trabalho e Cidadania, 2005. p.19-21.

- CARVALHO, L. G. DE; OLIVEIRA, M. S. DE; ALVES, M DE C.; VIANELLO, R. L.; SEDIYAMA, G. C.; CASTRO NETO, P.; DANTAS, A. A. A. Clima. In: SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T.; OLIVEIRA, A. D. Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais. Lavras: Editora UFPA, 2008. 161p. Disponível em: <http://www.zee.mg.gov.br/>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2016.
- CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; SOARES, C. P.; RIBEIRO, A. B. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.10, n.1, p.153-162, 2002.
- CAVALCANTE, F. S. Consorciação de mandioca e feijão comum: viabilidade da exploração em agricultura familiar na Microrregião do Brejo Paraibano. 80f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo e Água). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.
- CAVALCANTI, E. P., SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: SBMET, 1994, v.1, p.154-157.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. de P. R.; SOUSA, F. de A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.1, p.140-147, 2006.
- CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Avaliação de barreiros e finalidade da água armazenada na região semiárida da Bahia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.3, p.568-570, 2001.
- CERQUEIRA, L. S. Variabilidade genética e teor de óleo em mamoneira visando ao melhoramento para região de baixa altitude. 59f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2008.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Avaliação da Safra Agrícola 2006/2007 – Sétimo Levantamento. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Abril, 2007. Acesso em: 6/03/2016. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/8SBCMAC/8sbcmac-a046.pdf>.
- COSTA NETO, F. DE A.; MEDEIROS, R. M. DE; MENEZES, H. E. A.; COSTA, R. O. DA. Balanço hídrico para cidade de Olivedos–PB, Brasil. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015.
- CRISPIM, J. E. Manejo correto da cana é essencial para alta produtividade. Revista Campo & Negócios, n.37, p.16-18, 2006.

- DOORENBOS, J. Agro-meteorological field stations. Rome: FAO. Irrigation and Drainage Paper, 27, 1976. 94p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (FAO. Irrigação e Drenagem, 33).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Roma: FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33, 1979. 193p.
- DUARTE, S. M. A.; BARBOSA, M. P. Estudo dos recursos naturais e as potencialidades no semiárido, estado da Paraíba. Revista Engenharia Ambiental, v.6, n.3, p.168-189, 2009.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Las necesidades de agua de los cultivos. Roma: FAO, 1976. 193 p.
- EL-SHARKAWY, M. A.; COCK, J. H.; PORTO, M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*). Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.1, n.2, p.143-154, 1989.
- EMBRAPA. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção, 5. Versão eletrônica, Dez/2005. Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/clima.htm>
- EMBRAPA. Mandioca e Fruticultura. 2016. Disponível em: [www.embrapa.br/documents/1355135/1529009/Mandioca\\_Brasil\\_2013.pdf/f03ad3fa-7989-40e0-bc08-c1d18ebb6024](http://www.embrapa.br/documents/1355135/1529009/Mandioca_Brasil_2013.pdf/f03ad3fa-7989-40e0-bc08-c1d18ebb6024). Acesso em: 25 de fevereiro de 2016.
- EMBRAPA. Manual de segurança e qualidade para a cultura do milho. Brasília: Embrapa/Sede, 2004. 78p.
- FAO. Faostat. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>. Acesso em: 20 de dezembro de 2015.
- FONSECA, V. O.; ALBUQUERQUE, J. A. S. Estimativa dos parâmetros de distribuição gama de probabilidade para totais de precipitação em uma região de Pelotas, R.S. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.13, n.3, p.47-58, 1978.
- FRANÇA, J. R. A.; LI, L. Z.; SILVA, F. N. R.; JUNIOR, A. R. T. Sensibilidade do Modelo de Circulação Geral do LMD às variações na Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Tropical. Revista Brasileira de Meteorologia, 2000.

- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- FRANCISCO; P. R. M.; MELLO, V. DA S.; BANDEIRA, M. M.; MACEDO, F. L. DE; SANTOS; D. Discriminação de cenários pluviométricos do Estado da Paraíba utilizando distribuição Gama incompleta e teste Kolmogorov-Smirnov. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.9, n.9, p.1206-1216, 2016a.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015c.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEDROZA, J. P.; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. DA S.; SANTOS, D. Mapeamento da insolação do estado da Paraíba utilizando krigagem. *Revista de Geografia*, v.5, n.2, p.135-148, 2016.
- FRANCISCO; P. R. M.; MEDEIROS; R. M. DE; SANTOS; D.; BANDEIRA; M. M.; SILVA, L. L. DA. Variabilidade da temperatura média do ar no estado da Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. CONTECC' 2015. Fortaleza, 2015a.
- FRANCISCO; P. R. M.; MEDEIROS; R. M. DE; MATOS, R. M. DE; SANTOS; D. Variabilidade espaço-temporal das precipitações anuais do período úmido e seco no Estado da Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. CONTECC' 2015. Fortaleza, 2015b.
- FERREIRA, A. G; MELLO, G. S. Principais Sistemas Atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.1, n.1, p.15-28, 2005.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SANTOS, A. A. DOS. Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil. In: Cardoso, M. J. (Org.). *A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil*. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28). Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 264p.
- FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 519p.

- FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C. Desenvolvimento de germoplasma de mandioca para as condições semiáridas. *Revista Brasileira de Mandioca*, v.14, n.1/2, p.17-38, 1995.
- FU, G.; CHARLES, S. P.; YU, J. A critical overview of pan evaporation trends over the last 50 years. *Clim. Change*, n.97, p.193-214, 2009.
- GRANJEIRO, T. B.; CASTELLÓN, R. E. R.; ARAÚJO, F. M. M. C.; SILVA, S. M. S; FREIRE, E. A.; CAJAZEIRAS, J. B.; ANDRADE NETO, M.; GRANJEIRO, M. B.; CAVADA, B. S. Composição bioquímica da semente. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. DE A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.338-365.
- GUIMARÃES, C. M. Características morfo-fisiológicas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) relacionadas com a resistência à seca. 131p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP, Campinas, 1992.
- HARGREAVES, G. H. Monthly precipitation probabilities for Northeast Brazil. Logan: Utah State University, 1973. 423p.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of Climatic Hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, v.103, p.77-92, 1977.
- HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. Feijão. In: MONEIRO, J. E. B. A (Ed.). *Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília, INMET, 2009. p.183-201.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201007\\_7.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201007_7.shtm) Acesso em: 20 dez. 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário, 2006. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 26 de maio de 2014.
- IBGE. Banco de Dados Agregados. Agricultura. Produção. 2007. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br). Acesso em: junho de 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de março de 2011.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso em: 26 de fevereiro de 2016.



- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, v.29, n.3, p.1-81, 2015.
- IBGE. Produção Agrícola Municipal. 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 de dezembro de 2014.
- IDE, B. Y.; OLIVEIRA, M.A. de. Efeito do clima na produção de cana-de-açúcar. In: Seminário de Tecnologia Agrônômica, 3. Piracicaba, 1986. Anais...São Paulo: COPERSUCAR, 1986. p.573-583.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.
- JACOMINE, P. K. T.; RIBEIRO, M. R.; BURGOS, N. Aptidão Agrícola dos Solos da Região Nordeste. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Região Nordeste. BRASIL. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Boletim Técnico, 42. Recife, 1975.
- JAKOB, A. A. E. A krigagem como método de análise de dados demográficos. In: Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 13. Ouro Preto, 2002.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 452p.
- KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. Monthly Weather Review, v.107, n.9, p.1140-1153, 1979.
- KOUSKY, V. E.; GAN M. A. Upper tropospheric cyclones vórtices in the tropical South Atlantic. Tellus, v.33, p.538-551, 1981.
- LACA-BUENDIA, J. P.; OLIVEIRA, P. DE; PIRES, G. A. D.; SILVA FILHO, P. V. Estudo de época de plantio x cultivares de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum L. var. latifolium Hutch*) nas principais regiões algodoeiras de Minas Gerais. In: EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Projeto Algodão, Relatório 1980/92. p.594-596, 1997.
- LACERDA, C. F.; CARVALHO, C. M.; VIEIRA, M. R.; NOBRE, J. G. A.; NEVES, A. L. LEITE, M. L.; RODRIGUES, J. D.; VIRGENS FILHO, J. S. Avaliação de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) quanto à produtividade e componentes de produtividade, sob condições de estufa plástica. Revista de Agricultura, v.72, n.3, p.375-385, 1997.

- LANDAU, E. C.; MARTINS NETTO, D. A. Expansão Potencial da Produção de Sorgo Granífero no Brasil no Sistema de Rotação com Soja Considerando o Zoneamento de Risco Climático 2015/16. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2015. 27p.
- LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Cultivo do Sorgo. Clima. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 2. Versão Eletrônica, 6ª edição. 2010. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/cultivares.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/cultivares.htm). Acesso em: 17 de março de 2016.
- LANDAU, E. C.; MAGALHÃES, P. C.; GUIMARÃES, D. P. Árvore do Conhecimento. Milho. Relações com o clima. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Milho e Sorgo. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. 2011. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_17\\_168200511157.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_17_168200511157.html). Acesso em: 20 de março de 2016.
- LEITE, M. L.; RODRIGUES, J. D.; VIRGENS FILHO, J. S. Avaliação de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) quanto à produtividade e componentes de produtividade, sob condições de estufa plástica. Revista de Agricultura, v.72, n.3, p.375-385, 1997.
- LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES. Revista Ciência Agronômica, v.39, n.2, p.327-332, 2008.
- LUZ, L. R. Q. P. DA; BARROS, A. H. C. LEITE, A. P.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SANTOS, J. C. P. DOS; OLIVEIRA NETO, M. B. DE; SILVA, A. B. DA; PARAHYBA, R. DA B. V. Aptidão pedoclimática para a cultura da mandioca (*Manihot Esculenta Crantz*) no estado de Alagoas. Dados eletrônicos. Documentos/Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 146. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 38p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91555/1/DOC-146-Mandioca-Alagoas.pdf>. Acesso em: 10 de dezembro de 2015.
- MACHADO, R. S.; RAMOS, R. A.; MACHADO, D. F. S. P.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C. Fotossíntese e conteúdo foliar de carboidratos em cana-de-açúcar. In: Simpósio brasileiro sobre Ecofisiologia, maturação e maturadores em cana-de-açúcar. Botucatu: UNESP/FCA, p.11-15, 2008.
- MALDANER, L. J.; HORING, K.; SCHNEIDER, J. F.; FRIGO, J. P.; AZEVEDO, K. D. DE; GRZESIUCK, A. E. Exigência agroclimática da cultura do milho (*Zea mays*). Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.3, p.13-23, 2014.

MAPA. 2014. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema Integrado de Legislação. BINAGRI SISLEGIS. Portaria 212/2014 de 24/11/2014. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1955156079>. Acesso em: 11 de março de 2016.

MAPA. 2014. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema Integrado de Legislação. BINAGRI SISLEGIS. Portaria 233/2014 de 24/11/2014. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=304999056>. Acesso em: 16 de março de 2016.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Portaria nº 155, de 4 de agosto de 2015. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Politica\\_Agricola/Portarias/PORT-N-155-MILHO-PB.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Politica_Agricola/Portarias/PORT-N-155-MILHO-PB.pdf). Acesso em: 6 de março de 2016.

MARCHIORI, L. F. S. Influência da época de plantio e corte na produtividade da cana de açúcar. 271f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba. 2004. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde>. Acesso em: 29 de novembro 2004.

MARQUES, F. A.; ARAÚJO FILHO, J. C. DE; BARROS, A. H. C.; LOPES, E. H. B.; BARBOSA, G. M. N. Aptidão pedoclimática das culturas dos feijões caupi e comum para o estado de Alagoas. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 33, Uberlândia, 2010. Anais...Uberlândia: RBCS, 2010. p.1-4.

MASSEY JR., F. J. The Kolmogorov-Smirnov test of goodness of fit. *Journal of American Statistical Association*, v.46, p.68-78, 1980.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO J. M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.9, p.925-933, 2003.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO J. M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.925-933, 2003.

- MELO, E. S.; SANTANA, F. S. DE; CARDOSO, C. E. L. Viabilidade econômica da produção de mandioca em Pequena escala. In: Congresso Brasileiro de Mandioca, 11, Campo Grande, 2005. Anais...Campo Grande, 2005.
- MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. DE; LIMA, R. A. F. DE A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.2, p.181-186. 2010.
- MIELKE, P. W. Simple iterative procedures for two-parameter gamma distribution maximum likelihood estimates. Journal of App. Meteorology, v.15, n.12, p.181-183. 1976.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira Meteorologia, v.17, n.1, p.1-10, 2002.
- MORAES, V. H. F.; BASTOS, T. X. Viabilidade e limitações climáticas para culturas permanentes, semi-permanentes e anuais, com possibilidades de expansão na Amazônia. In: IEPAN. Zoneamento agrícola da Amazônia: 1ª aproximação. Ipean. Boletim técnico, 54. Belém, PA, 1972. p.123-153.
- MOREIRA, J. A. A.; AZEVEDO, J. A.; STONE, L. F.; CAIXETA, T. J. Irrigação. In: ZIMMERMANN, M. I. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.317-340, 1988.
- MOREIRA, P. S. P.; DALLACORT, R.; MAGALHÃES, R. A.; INOUE, M. H.; STIELER, M. C.; SILVA, D. J. DA; MARTINS, J. A. Distribuição e probabilidade de ocorrência de chuvas no município de nova Maringá-MT. Revista de Ciências Agro-Ambientais, v.8, n.1, p.9-20.
- MOSIÑO, P. A. The variability of rainfall in Mexico and its determination by means of gamma distribution. Geografiska Annaler, v.63, n.1/2, p.1-10, 1981.
- MURTA, R. M.; TEODORO, S. M.; BONOMO, P.; CHAVES, M. A. Precipitação pluvial mensal em níveis de probabilidade pela distribuição gama para duas localidades do sudoeste da Bahia. Ciência e Agrotecnologia, v.29, n.5, p.988-994, 2005.
- NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the Tropical Atlantic and South America. J. Climate, v.10, n.4, p.2464-2479, 1996.

- OLIVEIRA, R. C. S.; MEDEIROS, R. M. DE; COSTA NETO, F. DE A.; GOMES FILHO, M. F. Estudo das oscilações da temperatura máxima do ar e precipitação em Lagoa Seca-PB visando mudanças climáticas. In: Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e III Workshop Internacional sobre Mudanças Climáticas e Biodiversidade, 6, Recife, 2014. Anais...Recife, 2014.
- ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 1987. p.71-81.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Zoneamento agroclimático. In: ANGELOCCI, L. R.; PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. p.433-443.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Estimativa de evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, 1997. p.41-99.
- PEREIRA, J. R. Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o nordeste brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003.
- PEREIRA, M. C. A.; MELO, D. F.; MELÓ, R. G. C.; SILVA, R. F. B.; FARIAS, S. A. R. Mesorregiões da Paraíba e suas necessidades de captação de água de chuva. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais... Campina Grande: FIEP, 2012. p.01-06.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 36p.
- REDDY, K. R.; HODGES, H. F.; MCKINION, J. M. Carbon dioxide and temperature effects on pima cotton development. *Agronomy Journal*, v.87, p.820-826. 1995.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. Barueri -SP: Ed. Manole, 1990.
- REMACRE, A. Z.; NORMANDO, M. N.; SANCEVERO, S. S. Krigagem das proporções utilizando a krigagem da média: uma ferramenta auxiliar na modelagem de reservatórios. *Revista Brasileira de Geociências*, v.38, n.1, p.82-87. 2008.

- ROSOLEM C. A. Fenologia e ecofisiologia no manejo do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.) Algodão no Cerrado do Brasil. Brasília: ABRAPA, 2007. 918p.
- RODERICK, M. L.; HOBBS, M. T.; FARQUHAR, G. D. Pan evaporation trends and the terrestrial water balance. I. Principles and observations. *Geogr. Compass*, n.3, v.2, p.746-760, 2009.
- SALES, M. C. L.; RAMOS, V. M. Caracterização ambiental das áreas sob influência do reservatório de Bocaina (PI) com base na compartimentação geomorfológica. In: Carta CEPRO, Teresina, 2000, v.18, n.1, p.149-161.
- SAMPAIO, S. C.; QUEIROZ, M. M. F.; FRIGO, E. P.; LONGO, A. J.; SUSZEK, M. Estimativa e distribuição de precipitações decendiais para o estado do Paraná. *Irriga*, v.12, n.1, p.38-53, 2007.
- SANS, L. M. A.; SANTOS, N. C. Resposta de cultivares de milho a variações climáticas. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 19, Porto Alegre, 1992. Anais... Porto Alegre, RS. 1992.
- SANTOS, F. G. DOS; TARDIN, F. D. Cultivo do Sorgo. Cultivares. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 2. Versão Eletrônica 6ª edição. 2010. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_3\\_ed/cultivares.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_3_ed/cultivares.htm). Acesso em: 17 de março de 2016.
- SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; MORAES, C. R. DE A.; GONDIM, T. M. DE S.; CARDOSO, G. D. Avaliação da produtividade e teor de óleo de dez genótipos de mamoneira cultivados em altitude inferior a 300 metros. *Revista Ciência Agronômica*, n.37, p.188-194, 2006.
- SILVA DA, S. T. A Influência do El Niño-Oscilação Sul na distribuição espacial da precipitação no estado da Paraíba. 63p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1996.
- SILVA, S. C. DA; STEINMETZ, S. Cultivo do Feijoeiro Comum. Clima. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica, 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivadoFeijoeiro/clima.htm>. Acesso em: 20 de março de 2016.
- SILVA, A. M.; COSTA; D. L. C. R.; LINS, C. J. C. Precipitações no Nordeste Brasileiro: tendências de variação e possíveis implicações na agricultura. In: Semana do Meio Ambiente, 5, Anais...Recife, PE. 2008.
- SILVA, A. DA. Mamona: potencialidades agroindustriais do Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE-ADR, 154p. 1983.

- SILVA, A. M.; COSTA, D. L. C. R.; LINS, C. J. C. Precipitações no Nordeste Brasileiro: tendências de variação e possíveis implicações na agricultura. In: Semana do Meio Ambiente, 5, Recife. Anais...Recife, 2008.
- SILVA, J. C.; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.1, p.67-72, 2007.
- SILVA, M. C. L.; BRITO, J. I. B.; COSTA, A. M. N. Proposta de monitoramento da precipitação pluvial no estado da Paraíba utilizando a técnica dos Quantis. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, Fortaleza. Anais...SBMET. 2004.
- SILVA, R. M. DA; SILVA, L. P. E; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, C. A. G. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na Bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. Sociedade & Natureza, v.2, p.357-372, 2010.
- SILVA; A. B. DA; AMARAL, A. J. DO; BARROS; A. H. C.; ACCIOLY, L. J. DE O.; SANTOS, J. C. P. DOS; ARAÚJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA NETO, M. B. DE; PARAYBA, R. DA B. V.; GOMES, E. C. Potencial Pedoclimático do Estado de Alagoas Para a Cultura do Milho em Manejo com Alta Tecnologia, Manejo C e Cenário Chuvoso Regular. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29, Águas de Lindóia, 2012. Anais... Águas de Lindóia, 2012.
- SNIDER, J. L.; KAWAKAMI, E. M. Efeito da temperatura no desenvolvimento do algodoeiro. In: ECHER, F. R. (Ed.). O algodoeiro e os estresses abióticos - Temperatura, luz, água. Cuiabá: IMAmt, 2014. 123p.
- SNIDER, J. L.; OOSTERHUIS, D. M. Heat stress and pollen-pistil interactions. In: Flowering and fruiting in cotton. OOSTERHUIS, D. M.; COTHREN, J. T. (Eds). Cordova: The Cotton Foudation, 2012. 245p.
- SNIDER, J. L.; OOSTERHUIS, D. M.; SKULMAN, B. W.; KAWAKAMI, E. M. Heat stress-induced limitations to reproductive success in *Gossypium hirsutum*. Physiologia Plantarum, v.137, p.125-138. 2009.
- SOUZA, K. S. DE; OLIVEIRA, F. A. DE; GUEDES FILHO, D. H.; BRITO NETO, J. F. DE. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. Revista Caatinga. Mossoró, v.22, p.116-122, 2009.
- SOUZA, L. D; SOUZA, L. S. Clima e solo. In: MATTOS, P. L. P.; GOMES, J. C. O cultivo da mandioca. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular Técnica, 37. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2000. p.11-13.

- SOUZA, W. G. DE; RIBEIRO, A.; AMORIM, R. C. F.; SOUZA, M. J. H. DE; RIBEIRO, C. A. A. S.; FACCO, A. G. Geoespacialização da evapotranspiração potencial e real para a bacia do rio Doce, Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, Fortaleza, Anais... Fortaleza, 2004.
- TABOSA, J. N. REIS, O. V. DOS; BRITO, A. R. M. B.; MONTEIRO, M. C. D.; SIMPLÍCIO, J. B.; OLIVEIRA, J. A. C. DE; SILVA, F. G. DA; NETO, A. D. A.; DIAS, F. M.; LIRA, M. A.; FILHO, J. J. T.; NASCIMENTO, M. M. A. DO; LIMA, L. E. DE; CARVALHO, H. W. L. DE; OLIVEIRA, L. R. DE. Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos Estados de Pernambuco e Alagoas. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.1, p.47-58, 2002.
- TARDIN, F. D.; RODRIGUES, J. A. S.; COELHO, R. R. Cultivo do Sorgo. Cultivares. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 2. Versão Eletrônica 6ª edição. 2010. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/cultivares.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/cultivares.htm). Acesso em: 17 de março de 2016.
- TÁVORA, F. J. A. A cultura da mamona. Fortaleza: EPACE, 111p. 1982.
- TENNAKOON, S. B.; MILROY, S.P. Crop water use efficiency on irrigated cotton farms in Australia. Agricultural Water Management, v.61, p.179-194. 2003.
- THOM, H. C. S. A note on the gama distribution. Monthly Weather Review, v.86, p.117-122. 1958.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, v.38, n.1, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology – Drexel Institute of Technology, v.8, n.1, p.1-86, 1955.
- UNICA. Dados e cotações: estatísticas. Disponível em: <http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>. Acesso em: 13 abr. 2009.
- UVO, C. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Precipitação da região Norte do Nordeste do Brasil. (INPE-4887-TDL/378). Dissertação (Mestrado em Meteorologia). São José dos Campos, INPE. 1989.
- VAREJÃO-SILVA M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE M. H.; SILVA, B. B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande, 1984.



VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Recife: INMET, 2006.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. Relatório Técnico. Recife: COTEC/DATA AGROS/SPRRA-PE, 2001. 38p.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária de Pernambuco, Recife, PE, 2002, 51p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1991. 449p.

VEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas. 2.ed. Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. 600p.

VIEIRA, J. P. G.; SOUZA, M. J. H. DE; TEIXEIRA, J. M.; CARVALHO, F. P. DE. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.7.p.762-767, 2010.

WALDHEIM, P. V.; CARVALHO, V. S. B.; CORREA, E.; FRANÇA, J. R. A. Zoneamento Climático da Cana-de-Açúcar, da Laranja e do Algodão Herbáceo para a Região Nordeste do Brasil. Anuário do Instituto de Geociências, v.29, p.30-43, 2006.

WEISS, E. A. Oilseed crops. London: Longman, 1983. 660p.

WREGE, M. S.; ANJOS E SILVA, S. D. DOS; GARRASTAZU, M. C.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; HERTER, F. G.; MATZENAUER, R. Zoneamento agroclimático para mamona no Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 28p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 192). 2007.

YAMAZAKI, Y.; RAO, V. B. 1977. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. Journal of the Meteorological Society of Japan, 55, p.205-207.