



*Zoneamento Pedoclimático da Área de Influência do Canal
das Vertentes Litorâneas da Paraíba
(Fase I)*

Aptidão climática de culturas agrícolas

Relatório Técnico

*Recife, PE
Setembro de 2020*

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento***

***Secretaria do Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca
Governo do Estado da Paraíba***

***Zoneamento Pedoclimático da Área de Influência do Canal
das Vertentes Litorâneas da Paraíba
(Fase I)***

Aptidão climática de culturas agrícolas

***Acordo de Cooperação Técnica
SEDAP-PB / Embrapa Solos***

Embrapa Cód. 25100.16/0122-0

***Recife, PE
Setembro de 2020***

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Celso Luiz Moretti

Diretor-presidente

Adriana Regina Martin

Tiago Toledo Ferreira

Guy de Capdeville

Diretores-Executivos

Embrapa Solos

Petula Ponciano Nascimento

Chefe Geral

Daniel Vidal Perez

Chefe Adjunto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

Marisa Teixeira Mattioli

Chefe Adjunto de Administração

Petula Ponciano Nascimento

Chefe Adjunto de Transferência de Tecnologia

André Julio do Amaral

Coordenador Técnico da Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife e

Gestor do Acordo de Cooperação Técnica pela Embrapa

Estado da Paraíba

João Azevêdo Lins Filho

Governador

Ana Lígia Costa Feliciano

Vice-governadora

Secretaria do Desenvolvimento da Agropecuária e Pesca

Efraim de Araújo Moraes

Secretário

Demilson Lemos de Araújo

Gestor do Acordo de Cooperação Técnica pela SEDAP

Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária

Ivonete Berto Menino

EQUIPE TÉCNICA

Aptidão climática das culturas

Alexandre Hugo Cezar Barros

Evaldo de Paiva Lima

Geoprocessamento

Davi Ferreira da Silva

Daniel Chaves Webber

Colaboradores

André Julio do Amaral (Embrapa Solos)

Demilson Lemos de Araújo (SEDAP-PB)

Ehremberg Pereira de Melo (EMPAER-PB)

Eliazar Felipe Oliveira (EMPAER-PB)

Flávio Adriano Marques (Embrapa Solos)

Ivonete Berto Menino (EMPAER-PB)

José Antunes de Oliveira (SEDAP-PB)

José Carlos Pereira dos Santos (Embrapa Solos)

José Coelho de Araújo Filho (Embrapa Solos)

José da Cunha Medeiros (Embrapa Algodão)

José Félix de Brito Neto (UEPB)

José Genuíno da Nóbrega (EMPAER-PB)

José Marinho de Lima (SEDAP - EMPAER - PB)

José Nildo Tabosa (IPA)

José Renato Cortez Bezerra (Embrapa Algodão)

Lúcia Raquel Queiroz Pereira da Luz (Embrapa Solos)

Luís Augusto de Lima Santos (ASPLAN-PB)

Luís de França da Silva Neto (Embrapa Solos)

Manoel Batista de Oliveira Neto (Embrapa Solos)

Marconi Campelo Pereira (SEPLAG-PB)

Marenilson Batista Silva (Embrapa Algodão)

Maria Marle Bandeira (AESA)

Marleide Magalhães de Andrade Lima (Embrapa Algodão)

Raimundo Barbosa Sampaio (EMPAER-PB)

Rêmulô Araújo Carvalho (EMPAER-PB)

Roberto da Boa Viagem Parahyba (Embrapa Solos)

Rubens Fernandes da Costa (EMPAER-PB)

Selma Cavalcanti Cruz de Holanda Tavares

Tarcísio Marcos de Souza Gondim (EMBRAPA Algodão)

Normatização bibliográfica

Enyomara Lourenço Silva

Estagiários/Bolsistas

Antônio Diomescio da Silva Filho

Beatriz Barbosa da Silva

Estevão Lucas Ramos da Silva

Flávio Cristiano Saldanha Ferreira de Oliveira

Helton Heleri Falcão Torres Neto

Juliana Patrícia Fernandes Guedes Barros

Paulo Alessandro Freitas da Silva

SUMÁRIO

	Página
1. Introdução.....	10
2. Metodologia.....	12
2.1. Área de estudo.....	12
2.2. Dados utilizados.....	21
2.2.1. Médias mensais e anuais da temperatura do ar.....	21
2.2.2. Totais mensais de precipitação.....	22
2.2.3. Discriminação dos cenários pluviométricos.....	24
2.2.4. Critérios de aptidão climática.....	27
3. Resultados e discussões.....	33
3.1. Cultura do abacaxi.....	33
3.2. Cultura da cana-de-açúcar.....	44
3.3. Cultura da mandioca.....	54
3.4. Cultura do milho.....	62
3.5. Cultura do sorgo.....	71
4. Considerações finais.....	80
5. Referências bibliográficas.....	81
ANEXOS.....	88

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Municípios envolvidos no estudo de aptidão climática das culturas.....	13
Tabela 2. Legenda utilizada nos mapas para caracterizar a aptidão climática das culturas.....	30
Tabela 3. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura do abacaxi.....	36
Tabela 4. Quantitativo das classes de aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do abacaxi, nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.....	38
Tabela 5. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da cana-de-açúcar.....	48
Tabela 6. Quantitativo das classes de aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da cana-de-açúcar, nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.....	49
Tabela 7. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da mandioca.....	56
Tabela 8. Quantitativo das classes de aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da mandioca, nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.....	57
Tabela 9. Quantitativo das classes de aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do milho, nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.....	66
Tabela 10. Quantitativo das classes de aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do sorgo, nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso.....	75
Anexo 1. Relação dos postos termopluviométricos utilizados na determinação da aptidão climática das culturas.....	89

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localização da área de estudo, abrangendo 33 municípios na Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba....	12
Figura 2. Mesorregiões e microrregiões da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.....	14
Figura 3. Sistemas meteorológicos que provocam chuvas na Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.....	15
Figura 4. Classificação climática de Koppen nas microrregiões da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.....	18
Figura 5. Classificação climática de Gaussen nas microrregiões da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.....	20
Figura 6. Distribuição dos postos termopluviométricos nas microrregiões da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.....	23
Figura 7. Posição relativa da moda, média e mediana numa distribuição simétrica (a) e não-simétrica (b).....	24
Figura 8. Aplicação dos critérios para caracterização dos anos secos, regulares e chuvosos, segundo a distribuição dos totais de chuva acumulados nos três meses consecutivos mais chuvosos, aos dados do posto pluviométrico de Mamanguape-PB.....	26
Figura 9. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do abacaxi no cenário pluviométrico seco.....	39
Figura 10. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do abacaxi no cenário pluviométrico regular.....	40
Figura 11. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do abacaxi no cenário pluviométrico chuvoso.....	41
Figura 12. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico seco.....	50

Figura 13. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico regular.....	51
Figura 14. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico chuvoso.....	52
Figura 15. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da mandioca no cenário pluviométrico seco.....	58
Figura 16. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da mandioca no cenário pluviométrico regular.....	59
Figura 17. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da mandioca no cenário pluviométrico chuvoso.....	60
Figura 18. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do milho no cenário pluviométrico seco.....	67
Figura 19. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do milho no cenário pluviométrico regular.....	68
Figura 20. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do milho no cenário pluviométrico chuvoso.....	69
Figura 21. Zoneamento de aptidão climática na área de estudo para a cultura do sorgo no cenário pluviométrico seco.....	76
Figura 22. Zoneamento de aptidão climática na área de estudo para a cultura do sorgo no cenário pluviométrico regular.....	77
Figura 23. Zoneamento de aptidão climática na área de estudo para a cultura do sorgo no cenário pluviométrico chuvoso.....	78

Aptidão climática de culturas agrícolas

RESUMO

Este relatório apresenta a aptidão climática para cinco culturas agrícolas (abacaxi, cana-de-açúcar, mandioca, milho e sorgo), utilizando três cenários pluviométricos, na área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba – Zon-PB (Fase I). O estudo foi desenvolvido pela Embrapa Solos / UEP Recife, em parceria com o Governo do Estado da Paraíba por meio da Secretaria de Estado do Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca, com o objetivo de gerar informações para subsidiar o planejamento e o aperfeiçoamento do uso das terras no Estado. Na metodologia foram utilizados procedimentos diferentes dos tradicionalmente adotados nos zoneamentos climáticos, que se baseiam nas médias históricas dos totais mensais de chuva. Na abordagem utilizada foram considerados três cenários pluviométricos (anos secos, anos regulares e anos chuvosos), com base nas séries históricas de dados de chuva, que representam a variabilidade natural do regime pluviométrico. Um dos três cenários pluviométricos gerados por este estudo será adotado pelo usuário no campo, que será em função dos prognósticos de previsão pluviométrica publicados antecipadamente pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) ou pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), obtidos por meio de análises dos modelos numéricos regionais e globais utilizados. Essa nova abordagem climatológica é especialmente importante no ambiente semiárido do Nordeste do Brasil, onde é grande a variação interanual da precipitação pluviométrica. De modo geral, cerca de mais de 90% da área de estudo apresenta condições climáticas adequadas para as culturas avaliadas, no cenário pluviométrico de anos regulares, excetuando-se o abacaxi e a cana-de-açúcar. Os maiores percentuais de áreas com aptidão climática plena, sem restrições hídricas, foram observados para a cultura da mandioca nos três cenários pluviométricos. Os anos chuvosos apresentam as melhores condições climáticas para os cultivos, podendo prejudicar a colheita e secagem de grãos, principalmente nas áreas próximas ao litoral.

Termos para indexação: planejamento, uso das terras, zoneamento, climatologia.

1. Introdução

O Governo do Estado da Paraíba, por intermédio da Secretaria de Estado do Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca (SEDAP-PB), estabeleceu um Termo de Cooperação Técnica com a Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento (Embrapa Solos / UEP Recife) para realizar o **Zoneamento Pedoclimático da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba – Zon-PB**.

Esse zoneamento foi realizado para um total de 33 municípios, que ficam na área de influência do Canal, e foi a primeira etapa (Fase I) a ser executada no estado da Paraíba. O zoneamento pedoclimático torna mais precisa as informações do solo e clima existentes em uma região, além de auxiliar no planejamento da ocupação do território sob influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba, denominado localmente de Canal Acauã-Araçagi.

Esse relatório vai contemplar, especificamente, os resultados da aptidão climática das culturas do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill variedade *comosus*); cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.); milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor*). Além dessas culturas, e em razão de sua importância para a região de estudo, a SEDAP-PB solicitou posteriormente que fosse acrescentada a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). As culturas selecionadas tiveram o objetivo de garantir: a) a segurança alimentar da população de baixa renda e que constituem opções em programas sociais; (b) culturas de grande potencial para manufatura e que possam alavancar a economia do Estado; (c) culturas que têm importância regional; e (d) culturas alternativas frente às adversidades ambientais, que possam apoiar o desenvolvimento de determinadas cadeias produtivas.

A área de estudo possui uma grande variação em relação às condições climáticas, notadamente a pluviometria, onde as isoietas podem variar de 1.400 mm, na porção mais a Leste em contato com a Zona Costeira; a 600 mm na porção mais seca, ao Sul, em proximidade a Caatinga. A área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba é de transição, entre a zona úmida costeira, ao Leste, incluindo os Tabuleiros Costeiros, o Agreste, na porção mais a Oeste, nos limites dos municípios de Alagoa Grande e Alagoinha; e ao Sul, na direção dos municípios de Gurinhém - Itatuba, onde às condições climáticas

do semiárido tendem a ficar mais acentuadas, e na qual a cobertura vegetal se torna de Caatinga.

Devido a variação espacial e interanual da precipitação, esse estudo apresenta três diferentes cenários pluviométricos (“anos secos”, “anos regulares” e “anos chuvosos”), os quais indicam a variabilidade natural das chuvas para a região.

Para melhor avaliação e prognóstico do comportamento climático das culturas nesses cenários, uma das opções pode ser adotada pelo usuário onde consultará os boletins de previsão, publicados antecipadamente pelos núcleos de meteorologia estaduais e nacionais, obtidos por meio de análises dos modelos numéricos regionais e globais atualmente em uso. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo apresentar a aptidão climática de cinco culturas agrícolas selecionadas, utilizando três cenários pluviométricos, para a área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba (Canal Acauã-Araçagi).

Esse relatório técnico está organizado em duas partes distintas. A primeira conceitual, centrada na metodologia utilizada na avaliação da aptidão climática das culturas, com a apresentação dos parâmetros técnicos de clima. Esses parâmetros foram imprescindíveis para elaboração dos limites climáticos, por meio dos quadros guias balizadores das interpretações da aptidão climática das culturas. A segunda parte se concentrou na interpretação e apresentação dos resultados para cinco culturas agrícolas (abacaxi, cana-de-açúcar, mandioca, milho e sorgo), utilizando três cenários pluviométricos (anos secos, regulares e chuvosos), na área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.

2. Metodologia

2.1. Área de estudo

O estado da Paraíba possui uma área aproximada de 56.467 km² (IBGE, 2020). A área de estudo é rigorosamente delimitada na porção leste do estado da Paraíba, compreendida entre as latitudes 6°41'95" e 7°27'90" Sul e longitudes 35°11'94" e 35°35'54" Oeste. A área compreende, predominantemente, a transição da zona úmida costeira para o Semiárido e se estende de norte, na divisa com o estado do Rio Grande do Norte, ao sul do Estado, na divisa com Pernambuco (Figura 1). A área total de estudo foi de 5.144 km² e compreendeu 33 municípios (Tabela 1) distribuídos nas mesorregiões da Mata e Agreste Paraibano. O recorte espacial da área inclui os municípios relacionados na Tabela 1. Na Figura 2 observa-se as microrregiões do Litoral Norte e Sapé (Mata Paraibana); e microrregiões de Guarabira, Brejo Paraibano e Itabaiana (Agreste Paraibano).

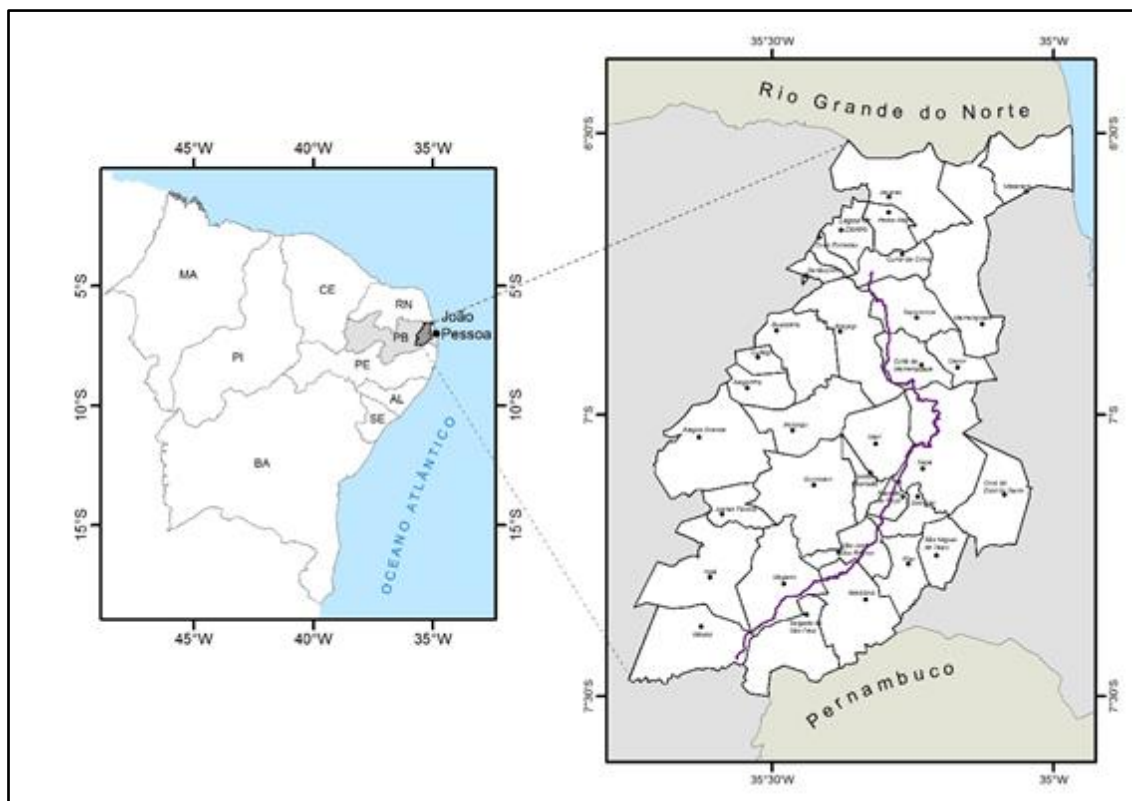


Figura 1. Localização da área de estudo, abrangendo 33 municípios na Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.

Tabela 1. Municípios envolvidos no estudo de aptidão climática das culturas

Número	Município	Área (km ²)*
1	Alagoa Grande	320,91
2	Alagoinha	97,09
3	Araçagi	231,41
4	Caldas Brandão	55,92
5	Capim	78,87
6	Cruz do Espírito Santo	191,31
7	Cuité de Mamanguape	108,57
8	Cuitegi	39,35
9	Curral de Cima	85,19
10	Duas Estradas	26,29
11	Guarabira	165,93
12	Gurinhém	346,44
13	Ingá	267,92
14	Itapororoca	146,23
15	Juarez Távora	70,92
16	Lagoa de Dentro	84,60
17	Mamanguape	340,85
18	Mari	154,99
19	Mataraca	184,39
20	Mogei	214,54
21	Mulungu	195,53
22	Pedro Régis	73,64
23	Pilar	102,51
24	Riachão do Poço	39,95
25	Salgado de São Félix	202,08
26	São Miguel de Taipu	92,63
27	Sapé	315,88
28	Sertãozinho	32,83
29	Sobrado	61,81
30	Jacaraú	253,29
31	Itabaiana	219,09
32	Itatuba	244,48
33	São José dos Ramos	98,34
TOTAL		5.144,00

* Área dos municípios segundo a projeção de coordenadas UTM SIRGAS 2000 – Zona 25.

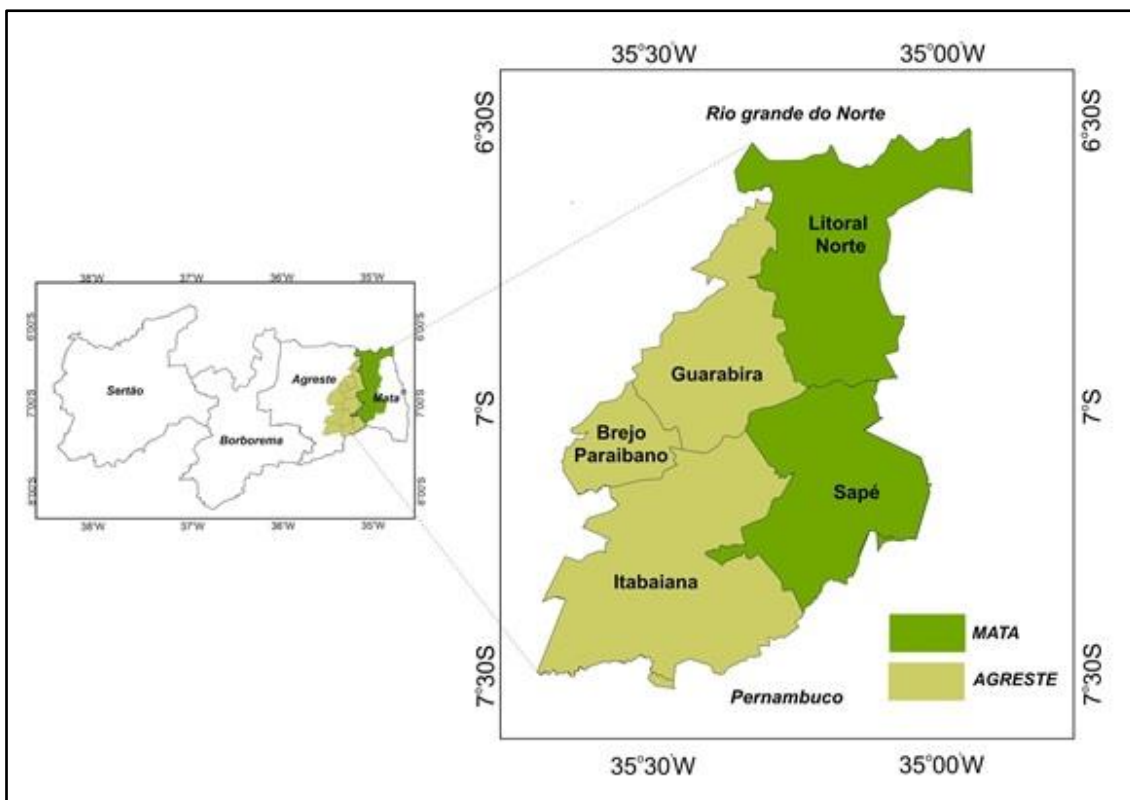


Figura 2. Mesorregiões e microrregiões da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.

Em cada uma dessas mesorregiões, Mata e Agreste Paraibano, verificam-se características próprias que se diferenciam e grande variabilidade em relação às condições climáticas, notadamente à pluviometria. O regime de chuvas da área está diretamente relacionado com as configurações da circulação atmosférica e oceânica em grande escala sobre os trópicos, dentre os quais se destacam a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); os Sistemas Frontais (SF), alimentados pela umidade do Atlântico Sul, que definem a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); as ondas de Leste, que são agrupamentos de nuvens que se movem no Atlântico, de leste para oeste; e os Ventos Alísios de Nordeste e Sudeste (Figura 3).

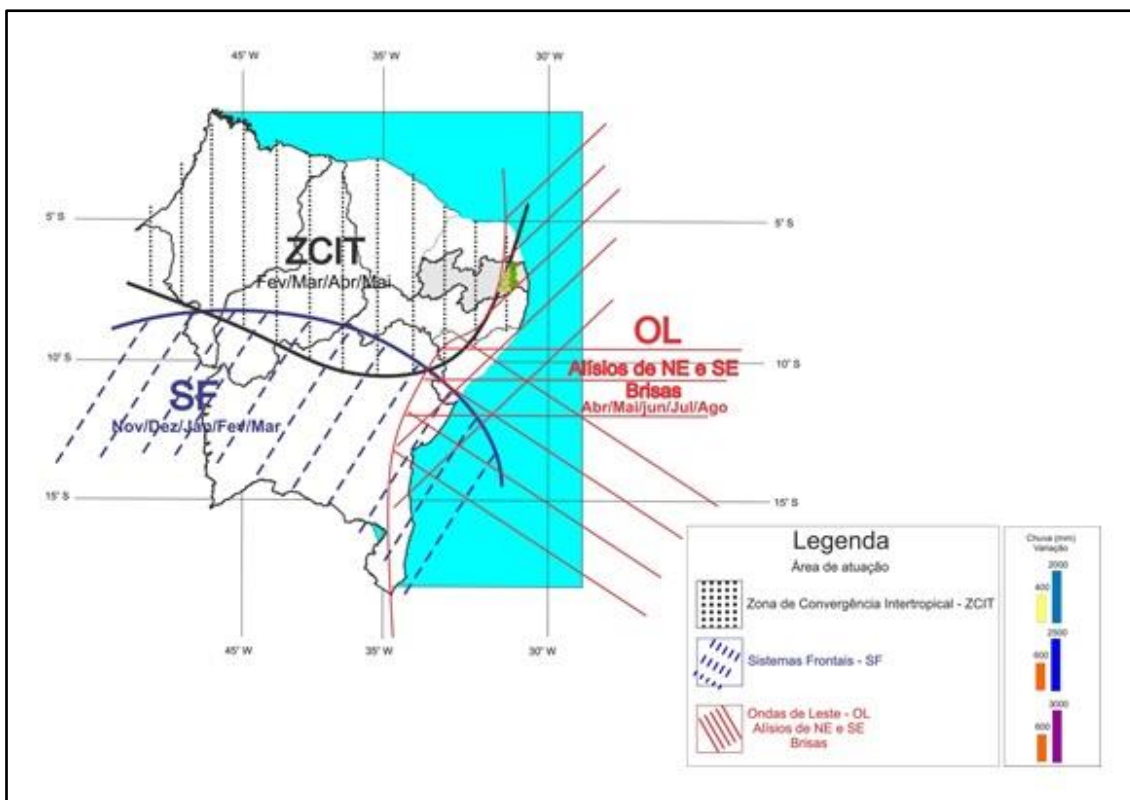


Figura 3. Sistemas meteorológicos que provocam chuvas na Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.

Fonte: Adaptado de Nobre e Molion (1986); Molion e Bernardo (2002).

Na mesoescala têm-se os complexos convectivos e as brisas marítimas e terrestres que influenciam as mesorregiões da Mata e Agreste, além das circulações orográficas e pequenas células convectivas que constituem os fenômenos de microescala (Molion e Bernardo, 2002). As regiões mais próximas à costa sofrem mais influência da circulação local das brisas marítimas e terrestres devido ao gradiente horizontal de pressão provocado pela diferença de temperatura diária entre o continente e o oceano. Essa circulação tem importante influência para amenizar a alta temperatura do ar diária e distribuir umidade para as mesorregiões próximas da Mata e Agreste mais úmido, provocando chuvas esporádicas durante todo o período do ano.

A posição dos tabuleiros costeiros na área facilita a penetração das brisas terrestres e marítimas, que influenciam as chuvas na porção Leste, em uma faixa de até 200 km da linha da costa. As chuvas podem avançar até a região do Agreste, nas encostas do Planalto da Borborema, e podem ocorrer durante todo

o ano (Melo, 1980).

De acordo Lima (2008), o estado da Paraíba possui basicamente dois períodos chuvosos, os quais ocorrem nos meses de fevereiro a maio no Cariri/Curimataú, Sertão e Alto-sertão, e de abril a julho na Mata (Litoral), Brejo e Agreste Paraibano. O gradiente da precipitação pluviométrica é acentuado, tendo em vista a diferença entre as regiões, variando da ordem de 1.600 mm/ano no Litoral e 400 mm/ano no Cariri Paraibano. Na área das Vertentes Litorâneas da Paraíba os totais anuais de chuvas são menores, mas apresenta diferenças relevantes, entre a microrregião de Itabaiana, com totais anuais de chuva da ordem de 600 mm/ano e de 1.600 mm/ano no Litoral Norte (Varejão-Silva et al., 1987).

A proximidade da linha do Equador é um fator que condiciona um número elevado de horas de sol por ano e índices acentuados de evapotranspiração, em função da incidência perpendicular dos raios solares sobre a superfície do solo. Na área não existe grandes oscilações com relação à temperatura média anual do ar, variando, no Litoral, entre 23 e 28°C. Segundo Nimer (1989), as condições térmicas da região Nordeste, de forma geral, não possuem importantes variações no decorrer do ano e sua variabilidade é pouco significativa. Nas áreas de altitudes mais elevadas, em contato com as encostas do Planalto da Borborema e mais expostas aos ventos de Sudeste, as temperaturas médias do ar são mais amenas, em torno de 21 a 23°C. Os meses mais quentes são janeiro e fevereiro e os menos quentes são julho e agosto.

Com relação a classificação climática existem vários métodos. O método de Köppen-Geiger é o mais utilizado e é baseado no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima que nela prevalecente. Dessa forma, as regiões climáticas são caracterizadas para corresponder às áreas de predominância de cada tipo de vegetação. No entanto, essa classificação em certos casos não distingue regiões com biomas muito distintos (Köppen e Geiger, 1928).

Entretanto, o método de Gaussen é baseado no ritmo da temperatura e das precipitações no decorrer do ano, por meio das médias mensais. O método procura registrar os períodos considerados favoráveis ou desfavoráveis à

vegetação, isto é, os períodos secos e os períodos úmidos, os períodos quentes e os períodos frios. Para obter o balanço hídrico utiliza-se informações de temperatura e precipitações pluviométricas. O balanço hídrico, que é o ritmo da temperatura do ar e das precipitações no decorrer do ano, é expresso em duas etapas essenciais e complementares. O período seco é aquele cujo total de precipitação (mm) é igual ou inferior ao dobro da temperatura do ar (°C). O período seco é um aspecto essencial do clima, pois é o período do ano em que a água existe em quantidade insuficiente, podendo até faltar, o que imprime profundas modificações sobre os seres vivos, particularmente sobre os vegetais (Nimer, 1967).

De acordo com a classificação climática de Köppen, o tipo climático *As* - tropical, quente e úmido com chuvas de outono/inverno abrange todas as microrregiões da área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba. Ocorre desde o litoral até atingir o Planalto da Borborema. Caracteriza-se por apresentar chuvas de outono/inverno e um período de estiagem que pode alcançar de 5 a 6 meses (Figura 4).

Segundo Francisco et al. (2015), apenas uma pequena área que contorna o município de Mataraca, apresenta o tipo climático *Aw* que caracteriza essa região como Tropical com estação seca no inverno; e outra *Am* também reduzida, na divisa entre os municípios de Mataraca, Mamanguape e Jacaraú (Figura 4). No entanto, os autores destacam que o aparecimento do tipo de clima *Am*, característico de região monçônica, foi um resultado não esperado por se tratar de um clima relacionado a regiões de alto volume anual de precipitação.

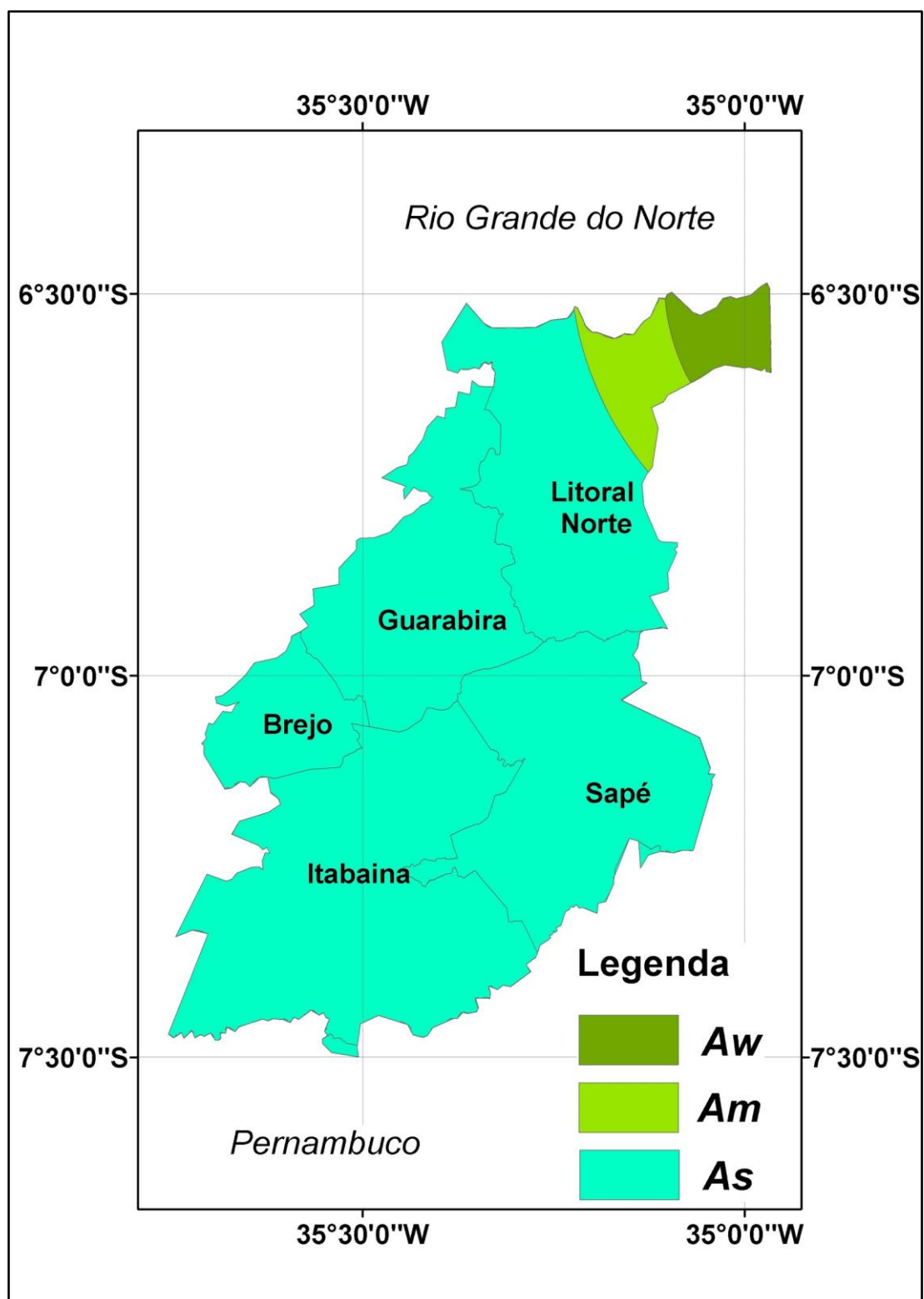


Figura 4. Classificação climática de Koppen nas microrregiões da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.

Fonte: Jacomine et al. (1972); Francisco et al. (2015).

Conforme a classificação climática de Gaussen, a área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba apresenta três tipos 3dTh, 3cTh e 3bTh (Figura 5):

- 3dTh: Submediterrâneo (Mediterrâneo quente ou Nordeste seco). Estação seca curta de 1 a 3 meses e índice xerotérmico variando de 0 a 40. Ocorre em faixa contínua no litoral paraibano, nas microrregiões do Litoral Norte e parte de Sapé, com predominância de clima quente e úmido.

- 3cTh: Termomediterrâneo atenuado (Mediterrâneo quente ou Nordeste de seca atenuada). A seca é de verão. O índice xerotérmico varia entre 40 e 100. O número de meses secos varia de 3 a 5. O mês mais frio tem temperatura superior a 15°C. Ocorre na maior parte das Microrregiões de Sapé e parte do Litoral Norte e Guarabira. É uma região de transição entre as porções úmida e seca.

- 3bTh: compreende um clima Termomediterrâneo médio (Mediterrâneo quente ou Nordeste de seca média). Apresenta estação seca média de 5 a 7 meses e índice xerotérmico variando de 100 a 150. Ocorre na maior parte da área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba, envolvendo áreas das microrregiões de Guarabira, Itabaiana, Brejo e Sapé, nesta última, ocorre os três tipos climáticos. Esse tipo climático vai até o limite com Pernambuco.

Vale destacar que, qualquer classificação climática contém imprecisões de diferentes gêneros devido à complexidade de reunir diversos fatores inter-relacionados do ambiente. Toda classificação de fenômenos naturais, via de regra, não consegue enquadrar dentro de uma sistemática rígida os fenômenos classificados.

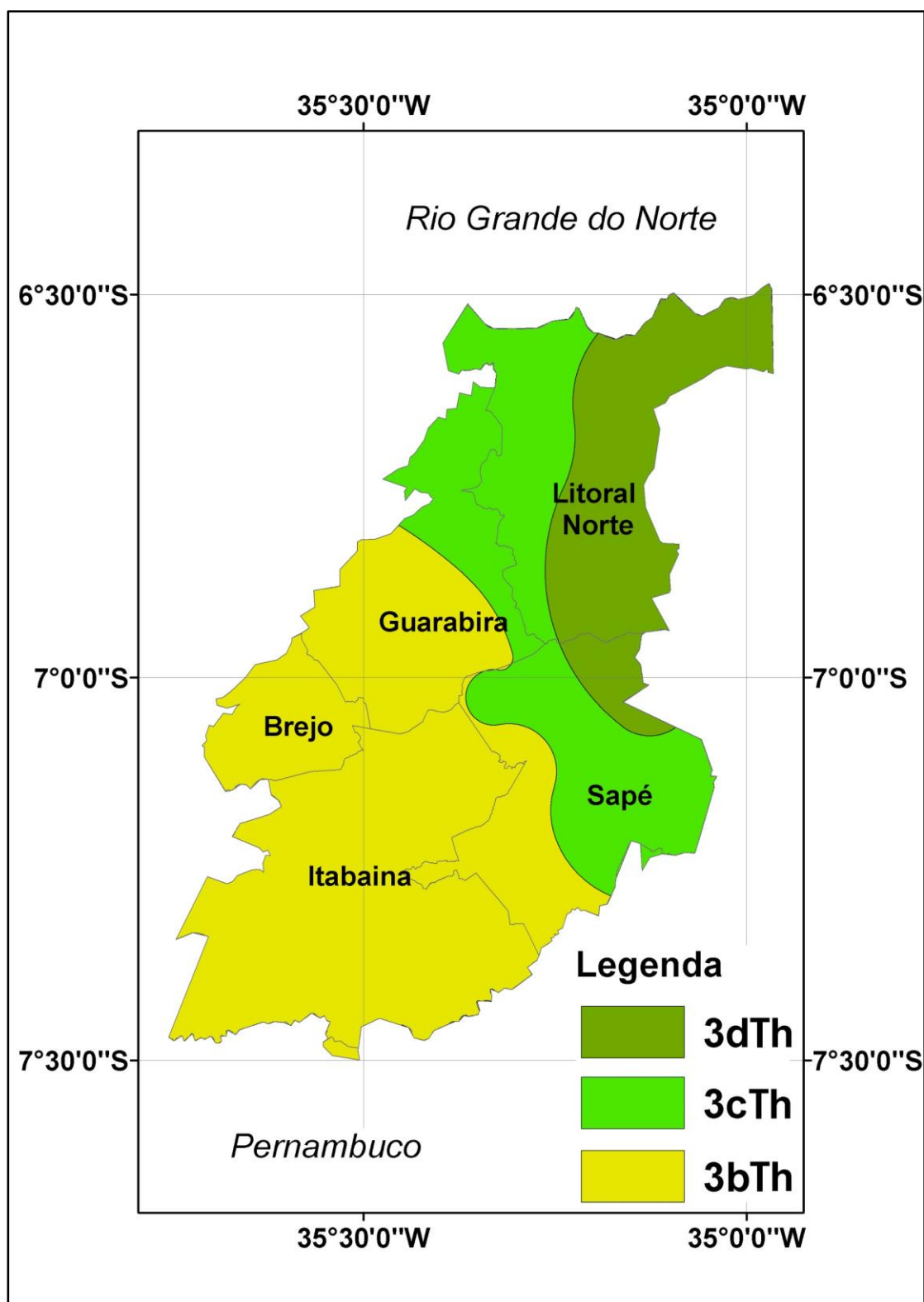


Figura 5. Classificação climática de Gaussen nas microrregiões da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.

Fonte: Adaptado de Jacomine et al. (1972).

2.2. Dados utilizados

Foram utilizados dados de precipitação pluviométrica e de temperatura do ar provenientes da Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia (SECTMA), por meio da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA); da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e do HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA). Nas localidades onde os dados foram coincidentes foi priorizado os postos com dados mais atualizados e de maior série histórica.

Para assegurar confiabilidade aos resultados suprimiram-se os valores considerados pela SUDENE como “estimados”. Também foram eliminados aqueles indicados como “homogeneizados”. Os dados pluviométricos de Estados vizinhos foram incluídos para assegurar maior representatividade das interpolações nas áreas limítrofes do estado da Paraíba. Consideraram-se apenas os postos com séries pluviométricas iguais ou superiores a 20 anos de registros completos.

2.2.1. Médias mensais e anuais da temperatura do ar

A concentração espacial de postos com registros de temperatura do ar na área de estudo, limita o cálculo do balanço hídrico climatológico para algumas localidades. Para contornar esse problema foi necessário estimar as médias mensais de temperatura do ar. A estimativa das médias mensais de temperatura do ar (T_m) em cada mês ($m = 1, 2, 3, \dots, 12$) e ano ($m = 13$) foi feita utilizando o modelo de regressão múltipla quadrática, tomando-se a latitude (ϕ), longitude (λ) e altitude (l) como variáveis independentes:

$$T_m = A_m + B_m\phi + C_m\lambda + D_m\xi + E_m\phi^2 + F_m\lambda^2 + G_m\xi^2 + H_m\lambda\phi + I_m\lambda\xi + J_m\phi\lambda \quad (\text{Eq.1})$$

Os coeficientes $A_m, B_m, \dots, J_m$, da Eq. 1, foram determinados, para cada mês e ano, pelo método dos mínimos quadrados dos desvios, utilizando-se os valores médios mensais de temperatura disponíveis na Paraíba e nos Estados vizinhos, considerando as normais climatológicas fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram obtidas 13 equações de regressão. Na aplicação dessas equações, para a estimativa de T_m , os valores de altitude

utilizados foram os da grade altimétrica da Diretoria de Serviços Geográficos (DSG) do Ministério do Exército, onde (latitude) é cotada numa malha de 920 m x 920 m do terreno. O erro padrão da estimativa das temperaturas médias mensais do ar foi inferior a $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (Varejão-Silva, 2001).

Foi utilizado também a estimativa de temperatura do ar por meio do programa computacional Estima_T, desenvolvido pelo Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA), da Universidade Federal de Campina Grande. A estimativa foi realizada para área 2, que abrange os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (Cavalcanti et al., 2006).

2.2.2. Totais mensais de precipitação

Os dados termopluviométricos dos estados de Pernambuco e Rio Grande do Norte foram incluídos para assegurar maior representatividade das interpolações nas áreas limítrofes da área de estudo. Na Figura 6 pode-se observar a distribuição espacial dos dados utilizados.

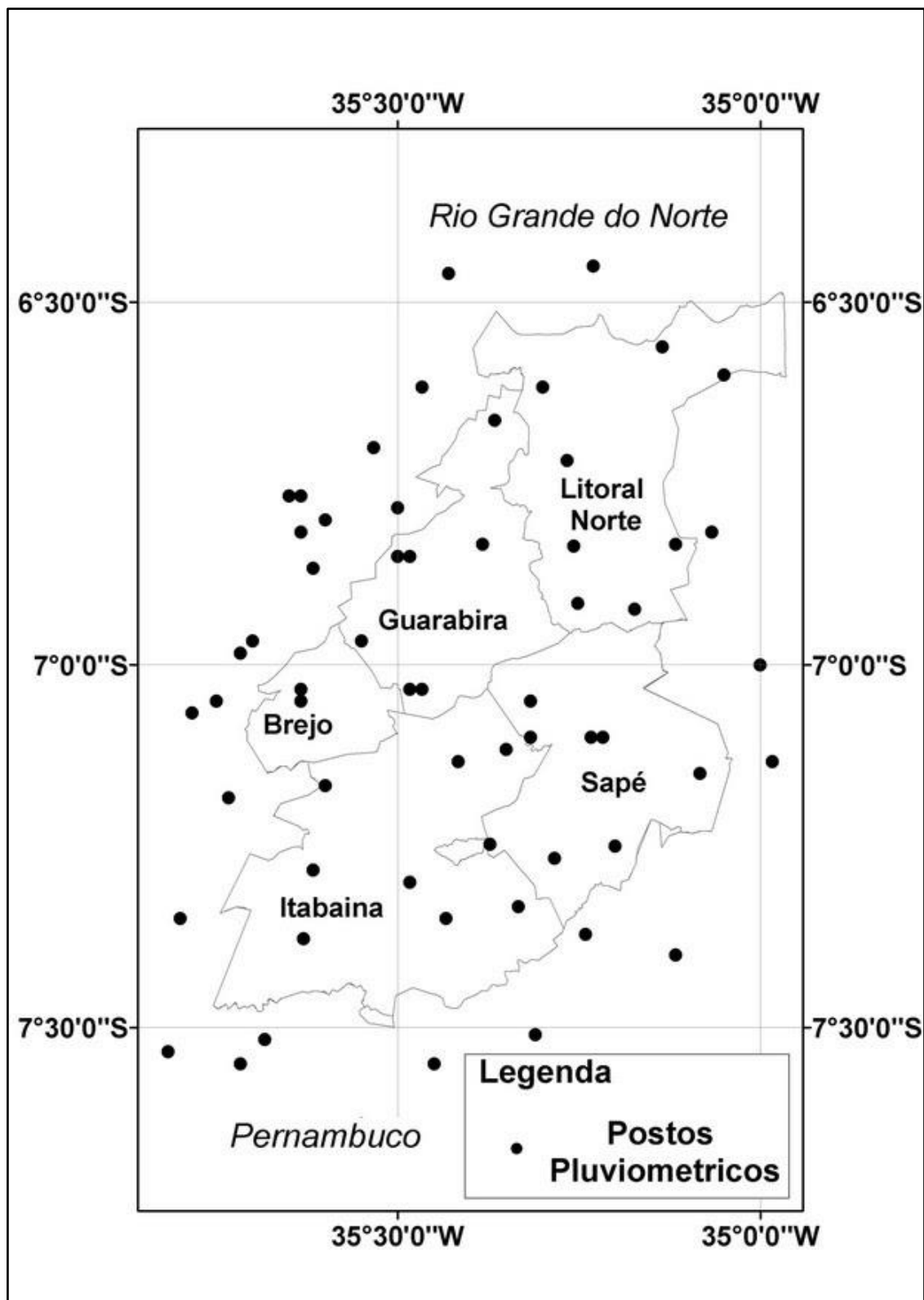


Figura 6. Distribuição dos postos termopluviométricos nas microrregiões da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.

2.2.3. Discriminação dos cenários pluviométricos

A média aritmética constitui um bom estimador do valor mais frequente (moda) dos totais de chuva, apenas nos casos em que os elementos da amostra disponível se ajustam bem a um modelo simétrico de distribuição. Somente quando a distribuição é simétrica (modelo normal ou gaussiano) a média, a moda e a mediana da amostra coincidem (Figura 4a). Nessa situação particular de simetria, a média representa o valor mais provável (moda) e divide a amostra (mediana) em duas partes iguais (Varejão-Silva e Barros, 2002).

Os totais pluviométricos se distribuem assimetricamente na região Nordeste do Brasil. Nesses casos, a média pode se afastar muito da moda (Figura 4b), e, quando isso acontece, deixa de constituir um estimador confiável do valor mais provável de chuva esperada. Dessa forma, a melhor representação é a gama incompleta, na qual a distribuição é assimétrica (Hargreaves, 1973; Alemán e García, 1981). Detalhe da função de densidade de probabilidade da distribuição gama incompleta pode ser encontrada em Varejão-Silva (2001).

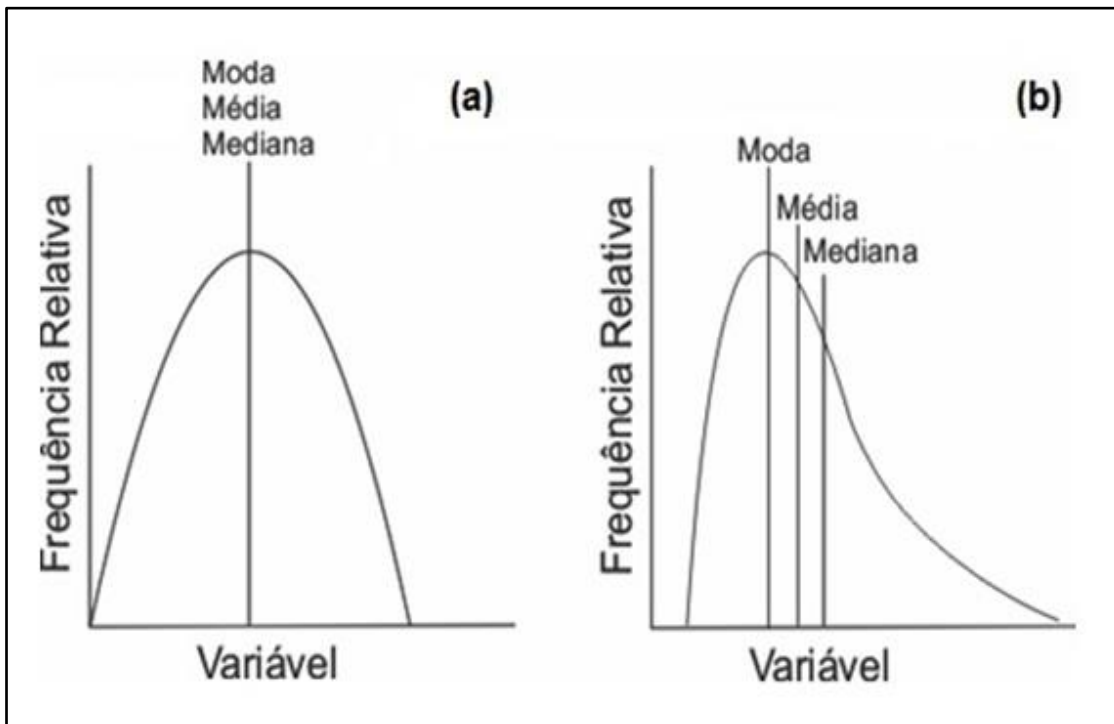


Figura 7. Posição relativa da moda, média e mediana numa distribuição simétrica (a) e não-simétrica (b).

Fonte: Varejão-Silva e Barros (2002).

A discriminação dos cenários pluviométricos seguiu a metodologia proposta por Varejão-Silva e Barros (2002). Os critérios para discriminar os anos hidrológicos de cada posto pluviométrico foram enquadrados numa das categorias indicadas, conforme proposto por Varejão-Silva (2001):

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

A qualidade do ajustamento da curva teórica aos valores observados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951) ao nível de significância de 95%. A título de exemplo, a Figura 8 ilustra os critérios para caracterização dos cenários pluviométricos em anos secos, anos regulares e anos chuvosos, segundo a distribuição dos totais de chuva acumulada nos três meses consecutivos mais chuvosos no posto pluviométrico de Mamanguape (58 anos hidrológicos completos).

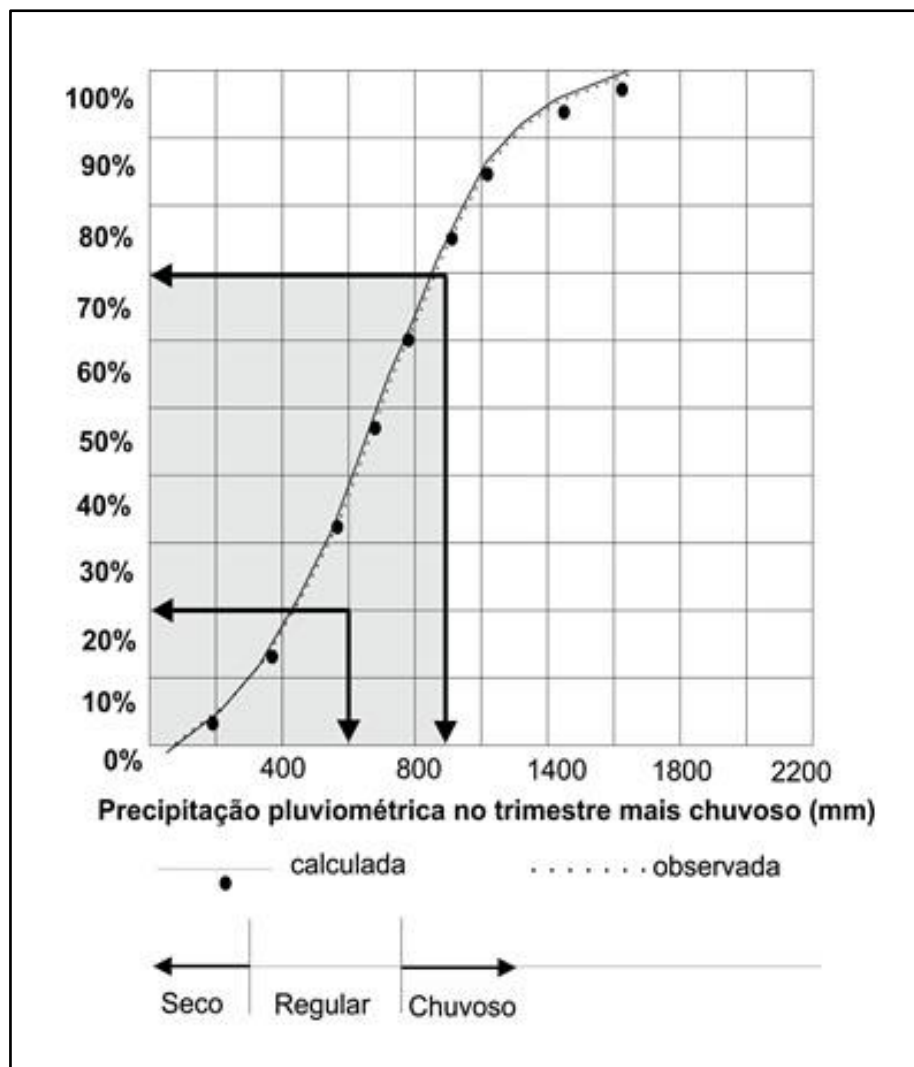


Figura 8. Aplicação dos critérios para caracterização dos anos secos, regulares e chuvosos, segundo a distribuição dos totais de chuva acumulados nos três meses consecutivos mais chuvosos, aos dados do posto pluviométrico de Mamanguape-PB.

Fonte: Adaptado de Varejão-Silva e Barros (2002).

Para o referido posto, a probabilidade de 25% corresponde a 605 mm, e a de 75% corresponde a 997 mm (Figura 8). Dessa forma, todos os anos hidrológicos em que a precipitação acumulada, nos três meses consecutivos mais chuvosos, tenha sido igual ou inferior 605 mm foram considerados secos; aqueles com precipitação acumulada nos três meses consecutivos mais chuvosos superior a 997 mm foram considerados chuvosos. Os demais que estiveram entre 605 e 997 mm integraram o conjunto dos anos regulares.

Esses mesmos critérios foram aplicados em todas as séries pluviométricas (todos os postos com mais de 20 anos hidrológicos completos). 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% e 75% também serão específicos para cada posto (Varejão-Silva, 2001).

Os conjuntos dos anos “secos”, anos “regulares” e anos “chuvosos” de cada posto foram utilizados para obter as correspondentes médias mensais dos totais pluviométricos, necessárias para caracterizar os respectivos cenários. Os balanços hídricos climatológicos foram, então, estimados, separadamente, para todos os cenários, utilizando o método proposto por Thornthwaite e Mather (1957).

A frequência de ocorrência dos anos secos, anos regulares e anos chuvosos muda de local para local, uma vez que as regiões e os períodos relativos às séries históricas de chuva são diferentes.

A previsão de cenários climáticos, especialmente relacionados à pluviometria é importante para auxiliar na tomada de decisão, principalmente, por parte dos produtores e de agentes financiadores (Silva et al., 2001). Vale destacar que, grande parte dos estudos de aptidão de climática foram baseados em atualizações de estudos sobre a climatologia do estado da Paraíba, com destaque para os trabalhos Atlas Climatológico do Estado da Paraíba (Varejão-Silva et al., 1987) e Climatologia do Estado da Paraíba (Francisco e Santos, 2017).

2.2.4. Critérios de aptidão climática

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 e Matzenauer, 2009).

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 (CO₂) e da água, sendo extremamente importante em ambientes com

estresses múltiplos, como ocorre no Nordeste. O milho (*Zea mays* L.), por exemplo, é extremamente eficiente na fotossíntese e no uso da água; no entanto, tem crescimento determinado e floração grupada, o que o torna bastante vulnerável ao clima do Nordeste e, em geral, produz muito pouco. O algodão possui atributos fisiológicos como crescimento indeterminado, gemas auxiliares nos pontos de frutificação, acúmulo de amido e outras substâncias de reserva nas raízes e caule, evidenciando melhor adaptação às condições naturais do Nordeste (Brown, 1994).

De fato, 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 (Pereira et al., 2002). 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.

Em geral, 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 (Thornthwaite e Mather, 1957).

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

No caso das culturas de período vegetativo longo, foram utilizados os índices de umidade (Im), hídrico (Ih) e de aridez (Ia) provenientes dos balanços hídricos, os quais sintetizam as exigências da cultura quanto à disponibilidade de água (Thornthwaite e Mather, 1957). Além dos índices climáticos, foram utilizados nos critérios de zoneamento, 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 empregados também elementos do evapopluviograma para cada localidade, 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 constituíam fatores limitantes da produção, ou ao pleno desenvolvimento da cultura, estas variáveis foram utilizadas para análise da aptidão climática.

Na avaliação da classificação final da aptidão climática foram definidos cinco critérios para compor a legenda dos mapas (Tabela 2):

- a) Aptidão plena - corresponde às áreas sem limitação climática;
- b) Aptidão plena, mas com pequena probabilidade de ocorrer excesso hídrico, devido à ocorrência de um período chuvoso prolongado, durante a colheita e/ou a secagem de grãos;
- c) Aptidão moderada por excesso hídrico (caracteriza-se por indicar áreas, onde ocorre excesso hídrico que prejudica a colheita e/ou a secagem de grãos);
- d) Aptidão moderada por deficiência hídrica (áreas com pequena e/ou moderada deficiência hídrica, prejudicando o crescimento e desenvolvimento da cultura. Para otimizar a produtividade da cultura, a irrigação complementar é necessária e deve ser levada em consideração); e
- e) Aptidão inapta (por apresentar elevada deficiência hídrica, inviabilizando o período vegetativo da cultura. Nesses casos a produção só é possível com o emprego de irrigação).

Tabela 2. Legenda utilizada nos mapas para caracterizar a aptidão climática das culturas

Legenda	Cor	Aptidão Climática
C1		Plena (sem restrição)
C2		Plena com período chuvoso prolongado
C3		Moderada por excesso hídrico
C4		Moderada por deficiência hídrica (Irrigação complementar necessária)
C5		Inapta por deficiência hídrica acentuada (Irrigação indispensável)

Devido à baixa distribuição espacial dos postos pluviométricos, a metodologia utilizada não permitiu avaliar a aptidão climática de pequenas áreas. Ressalta-se, também, que a aptidão está baseada em condições climáticas gerais de ocorrência de elementos climáticos e, por conseguinte, possui intrinsecamente certo grau de incerteza, associado à variabilidade climática interanual, bastante acentuada no Nordeste, especialmente a precipitação pluviométrica, e consequentemente o balanço hídrico climatológico.

Além disso, elabora-se o zoneamento em macroescala e não se considera as variações de relevo, que podem provocar diferentes condições topoclimáticas de microescala, principalmente a configuração e a exposição do terreno a radiação solar, que induzem a diferentes gradientes de temperatura e consequentemente diferenças no desenvolvimento das culturas.

Existe, ainda, a incerteza na posição das isolinhas que é tanto maior quanto mais afastada estiver dos postos termopluviométricos e aumenta com a ampliação da escala gráfica da carta que está sendo representada. Dessa forma, nos estudos de aptidão climática das culturas foram utilizadas as cartas de relevo e das fases de vegetação do estado da Paraíba para melhorar o traçado das isolinhas naquelas áreas em que os dados climáticos foram insuficientes.

Do exposto, o usuário deve interpretar a(s) área(s) de uma determinada classe de aptidão como sendo não estática(s) e sem limite(s) rígido(s). Não se pode esquecer que elas representam valores médios de um parâmetro obtido

dentro de um cenário pluviométrico particular (seco, regular e chuvoso). Em cada cenário o elemento climático considerado, varia dentro de um certo intervalo. Cada faixa de aptidão climática deve ser considerada também como uma área de transição, onde as condições climáticas vão gradualmente mudando, quando se parte da porção central dessa mesma faixa no sentido da(s) faixa(s) vizinha(s).

Para contornar a deficiência hídrica provocada pela precipitação insuficiente, os agricultores costumam utilizar-se das vazantes dos açudes e dos aluviões, próximos ou no leito seco de cursos d'água, para cultivos diversos em escala doméstica de subsistência. Essas situações especiais, no entanto, não são "captadas" pela metodologia utilizada neste trabalho.

Os zoneamentos foram elaborados a partir dos dados disponíveis, sobretudo médias de temperatura do ar e totais mensais de precipitação pluviométrica. Dessa forma, áreas com características climáticas diferentes do seu entorno, mas para as quais não existem dados, não podem ser detectadas por meio da metodologia utilizada. Por fim, existem pequenos ambientes sujeitos a condições de umidade muito diferentes daquelas que predominam na área circunvizinha. A metodologia não permite perceber essas variações localizadas.

Para validação dos resultados dos mapas de aptidão climática de cada cultura foram realizadas reuniões técnicas, com produtores, técnicos, extensionistas e especialistas das culturas para apresentação e discussão dos resultados, nas quais foram validados os resultados obtidos, com o intuito de aperfeiçoar os mapas.

No que se refere aos cenários pluviométricos para culturas de ciclo longo, como as culturas do abacaxi e cana-de-açúcar, foram considerados para discussão, neste trabalho, os mapas de aptidão climática cenário pluviométrico de anos regulares, conforme proposto por Varejão-Silva (2001). Os mapas de aptidão climática relativos aos cenários pluviométricos de anos secos e de anos chuvosos são apresentados apenas para que se possa observar as possíveis condições (de estresse ou excesso hídrico) que a cultura pode estar submetida (ano seco ou ano chuvoso), seja no plantio, no manejo e, ou, na colheita, já que se trata de uma culturas de ciclo superior a 12 meses.

É importante destacar que, esse trabalho apresenta a aptidão climática, delimitando áreas com e sem potencial climático para o cultivo das culturas. Dessa forma, não foram indicados as melhores épocas de plantio, porque não se trata de estudo sobre a probabilidade de ocorrência de eventos climáticos relacionados ao clima. As datas para a melhor época de plantio das culturas devem ser observadas por meio das portarias do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). É importante também observar o uso de cultivares adaptadas à região, que aumente a garantia de rendimento e inibem a ação de fatores adversos que comprometem a produtividade.

Por fim, ressalta-se, ainda, que neste trabalho não foram delimitados os ambientes subjugados por leis específicas, como áreas de proteção e, ou de preservação ambiental, ou ainda de reserva indígena. Portanto, devem ser desconsideradas as indicações de aptidão climática para as culturas disponibilizadas neste documento para os ambientes cujos usos estão definidos por legislações específicas.

3. Resultados e discussões

3.1. Cultura do abacaxi



Foto: Cristiano Santana, Embrapa.

O abacaxi [*Ananas comosus* (L.) Merrill variedade *comosus*] é uma planta tropical, tendo a região da Amazônia como seu centro de origem. O fruto é conhecido como abacaxi e ananás, significando tanto na língua tupi como na língua guarani "fruto que cheira" (Noronha et al., 2016).

A cultura é cultivada na Ásia, África e na América (Norte, Central e Sul). No Brasil, essa cultura apresenta grande importância socioeconômica em razão de sua rentabilidade. Segundo IBGE (2019), a produção brasileira de abacaxi em 2018 foi de 1,77 bilhões de frutos, ocupando uma área de 71.553 hectares, com um rendimento de 24.695 frutos/hectare. O cultivo de abacaxi é difundido por todo o território brasileiro, com destaque para as regiões Norte, Nordeste e Sudeste; que participam com 34,1; 33,6 e 26,9%, respectivamente, da produção nacional. Os cinco principais estados produtores no ano de 2018 foram, nesta ordem, Pará, Paraíba, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

Na região Nordeste a cultura do abacaxi é uma das principais frutas cultivadas. O estado da Paraíba possui destaque, como o principal produtor, com cerca de 41% da produção da região Nordeste e 16% da produção nacional. O abacaxi pode ser consumido tanto ao natural, como na forma de produtos industrializados (fatias, meias-fatias, retalhos, pedaços, bocados,

taliscos, cubos, polpa e suco), segundo Bezerra et al. (2019). De acordo com a quantidade de frutos produzidos e o tamanho da área colhida, os cinco principais municípios paraibanos produtores de abacaxi são, nesta ordem, Pedras de Fogo, Itapororoca, Araçagi, Santa Rita e São Miguel de Taipu (IBGE, 2019).

A abacaxicultura constitui uma das atividades agrícolas de maior impacto na geração de emprego e renda para mais de 20 municípios paraibanos, além de fomentar o comércio local de insumos agrícolas (fertilizantes, corretivos do solo, defensivos e indutores florais). As principais variedades comerciais de abacaxi cultivadas na Paraíba são: Pérola (também conhecida como Branco de Pernambuco, ou simplesmente, Pernambuco) e Jupi (Lacerda et al., 2014).

A qualidade do fruto do abacaxi está relacionada com fatores edáficos e climáticos nas regiões produtoras, com destaque para precipitação pluvial, temperatura do ar e radiação solar. Devido a sua proximidade com a linha do Equador, o estado da Paraíba, e mais precisamente a área de estudo, a radiação solar, o fotoperíodo e a temperatura do ar favorece as melhores condições para o cultivo, não se constituindo como fatores limitantes à cultura. Sanches et al. (2013) citam que a faixa ótima de temperatura para crescimento e desenvolvimento do abacaxizeiro (folhas e raízes) situa-se entre 22 e 32 °C, as quais estão entre as médias mensais da região de estudo (Francisco e Santos, 2017).

O abacaxizeiro tem um padrão fotossintético complexo, envolvendo características das espécies C3 e C4. Apresenta, ainda, de modo alternativo, o metabolismo ácido das plantas crassuláceas (MAC), que contribui para sua adaptação a períodos de estresse hídrico. De fato, a escassez e o excesso hídrico são as principais limitações da produção e qualidade dos frutos de abacaxi. A cultura tem uma baixa taxa de transpiração e um bom uso eficiente da água, inclusive do orvalho. Devido ao seu mecanismo de MAC e a capacidade de armazenar água no tecido da hipoderme foliar (Cunha et al., 2009). Outro aspecto importante, quanto ao aproveitamento de água pelo abacaxizeiro, é sua arquitetura e a forma côncava de suas folhas, que permitem captar pequenas quantidades de água, até mesmo o orvalho.

Esta característica, além de várias outras já mencionadas, permite a sobrevivência do abacaxizeiro sob condições de deficiência hídrica prolongada.

A cultura se adapta relativamente bem a escassez hídrica, mas para ser cultivado com finalidade comercial, apenas resistência à seca não é suficiente. Para tornar-se uma atividade econômica viável, recomenda-se seu cultivo em áreas onde os volumes de chuvas estejam entre 1.000 e 1.500 mm anuais, bem distribuídos ao longo dos meses (Bezerra et al., 2019).

Entretanto, a cultura é muito sensível ao excesso hídrico, e deve-se evitar áreas sujeitas a encharcamentos, onde as chuvas são muito intensas. Quando cultivado em terrenos declivosos, faz-se necessário o uso de práticas de conservação do solo, como o plantio em curvas de nível e a manutenção de uma cobertura vegetal mínima sobre o terreno (Lacerda et al., 2014). O sistema radicular do abacaxizeiro, normalmente frágil, é do tipo fasciculado (em “cabeleira”) e muito superficial, com cerca de 0,20 m de profundidade apenas, o que resulta em grande perda de água por percolação profunda (Sanches et al., 2013).

O abacaxizeiro não tolera condições de excesso hídrico no solo e má drenagem, devido ao apodrecimento de raízes e a morte de plantas, em consequência do aumento de pragas e principalmente por causa de problemas fitossanitários.

As cultivares Pérola ou Pernambuco e Jupi são as mais plantadas para o consumo in natura, enquanto que, para exportação e industrialização, a Smooth Cayenne é a mais recomendada. O ciclo do abacaxi é de aproximadamente 18 meses, ao passo que nos plantios irrigados esse ciclo pode ser reduzido para 13 a 15 meses (Lederman et al., 2018). Raramente o ciclo é inferior a 12 meses, mas pode alcançar até 36 meses, quando a temperatura estiver mais baixa ao longo dos meses.

Para calcular o balanço hídrico do solo foi utilizada a capacidade de armazenamento de água no solo (CAM) de 60 mm, em razão da cultura do abacaxi apresentar o sistema radicular superficial. A maior parte das raízes (80 a 90%) estão localizadas nos primeiros 15 a 25 cm do solo (profundidade efetiva). Essa profundidade pode ser um pouco maior ou menor, em função da textura (argilosa ou arenosa) e da umidade do solo. Algumas raízes podem

atingir até 40 cm de profundidade, porém raramente acima de 60 cm (Py, 1969).

Por meio do levantamento das exigências termopluviométrica da cultura do abacaxi procura-se enquadrar os índices climáticos de acordo com os limites de exigências hídricas da cultura. Em geral, as necessidades hídricas do abacaxizeiro variam entre 60 e 150 mm de água/mês ao longo do ciclo da planta, dependendo de seu estágio de desenvolvimento e das condições de umidade do solo, o que corresponde a uma precipitação média em torno de 1.000 a 1.500 mm/ano, bem distribuídos (Sanches et al., 2013).

O índice efetivo de umidade (Im) para a cultura do abacaxi pode ser observado na Tabela 3. Além disso, a deficiência hídrica anual foram consideradas de forma indireta, associada aos índices climáticos, principalmente as regiões em que os valores da deficiência hídrica anual eram superiores a 550 mm/ano.

Tabela 3. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura do abacaxi

Legenda	Cor	Aptidão Climática	Im(-)*
C1		Plena (sem restrição)	$-10 < Im \leq 10$
C2		Plena com período chuvoso prolongado	$10 < Im \leq 40$
C3		Moderada por excesso hídrico	$Im > 40$
C4		Moderada por deficiência hídrica (Irrigação complementar necessária)	$-20 < Im \leq -10$
C5		Inapta por deficiência hídrica acentuada (Irrigação indispensável)	$Im \leq -20$

* Índice efetivo de umidade.

A época de plantio é uma questão muito importante, pois influência nos atributos finais de qualidade dos frutos. O plantio para o cultivo do abacaxi de sequeiro é mais indicado no final da estação seca e início da estação chuvosa, onde a disponibilidade de umidade é maior (Reinhardt e Cunha, 2000). Nesse sentido, são apresentados os três cenários pluviométricos para a cultura do abacaxi e dependendo do ano considerado pode-se adotar manejos diferentes

para condições de estresse (ano seco) ou excesso hídrico (ano chuvoso). Portanto, deve-se avaliar todos os cenários, mas deve-se levar em consideração àquele de maior probabilidade de ocorrência no ano considerado.

Os mapas de aptidão climática para os anos secos, regulares e chuvosos para cultivo do abacaxi na área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba são apresentados, respectivamente, nas Figuras 9, 10 e 11. Na Tabela 4 é apresentado o quantitativo das classes de aptidão climática para a cultura do abacaxi nos três cenários pluviométricos (seco, regular e chuvoso).

Os mapas de aptidão climática para a cultura do abacaxi nos cenários pluviométricos seco (Figura 9) e chuvoso (Figura 11) são apresentados para que se observem as condições em que a cultura estaria submetida no referido cenário, quando comparado com o mapa do cenário pluviométrico de anos regulares (Figura 10) seja no plantio, no manejo e/ou na colheita.

Nos anos considerados regulares observa-se que a cultura do abacaxi apresenta aptidão plena, sem restrições hídricas, em toda porção centro-leste da área (Figura 10), onde reúne as melhores condições climáticas para o cultivo do abacaxi. Essa área está inserida na mesorregião da Mata Paraibana e correspondem a 26,4% (1.360 km²), conforme observa-se na Tabela 4. A aptidão plena, sem restrições hídricas, para anos regulares está distribuída pelas áreas dos municípios de Jacaraú, Mamanguape, Pedro Régis, Curral de Cima, Itapororoca, Cuité de Mamanguape, Mari, Capim, Sapé e Cruz do Espírito Santo.

Entretanto, verifica-se que em parte do município de Mataraca, em anos regulares, apresenta aptidão climática plena com período chuvoso prolongado (Figura 10). Essa classe corresponde a 2,5% (128 km²), conforme observa-se na Tabela 4.

Tabela 4. Quantitativo das classes de aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do abacaxi, nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso

Aptidão climática	Cenários pluviométricos					
	Seco		Regular		Chuvoso	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Plena (sem restrição)	233	4,5	1.360	26,4	4.367	84,9
Plena com período chuvoso prolongado	0	0,0	128	2,5	175	3,4
Moderada por excesso hídrico	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Moderada por deficiência hídrica	1.633	31,7	1.661	32,3	602	11,7
Inapta por deficiência hídrica acentuada	3.277	63,7	1.995	38,8	0	0,0
Área total	5.144	100,0	5.144	100,0	5.144	100,0

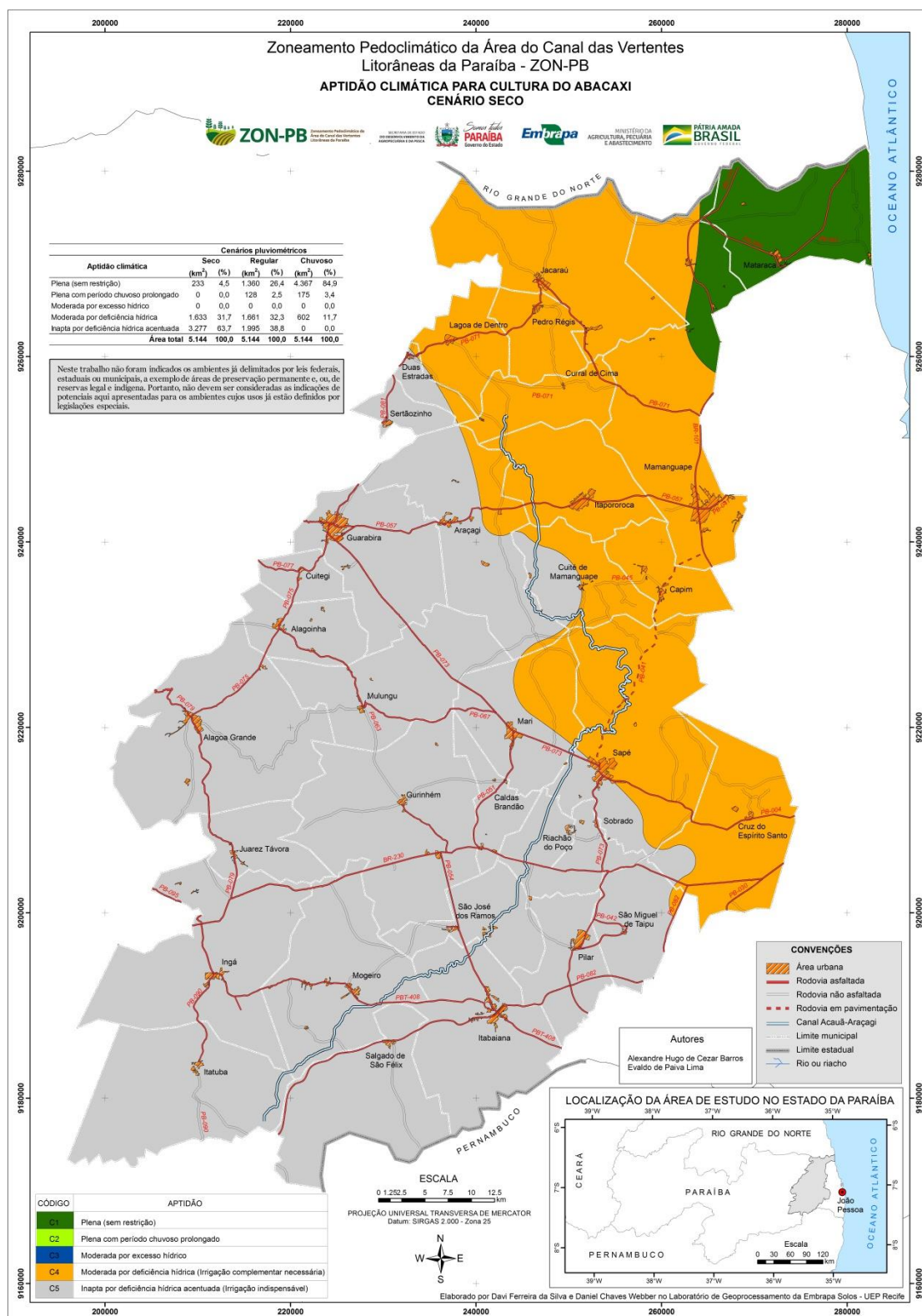


Figura 9. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do abacaxi no cenário pluviométrico seco.

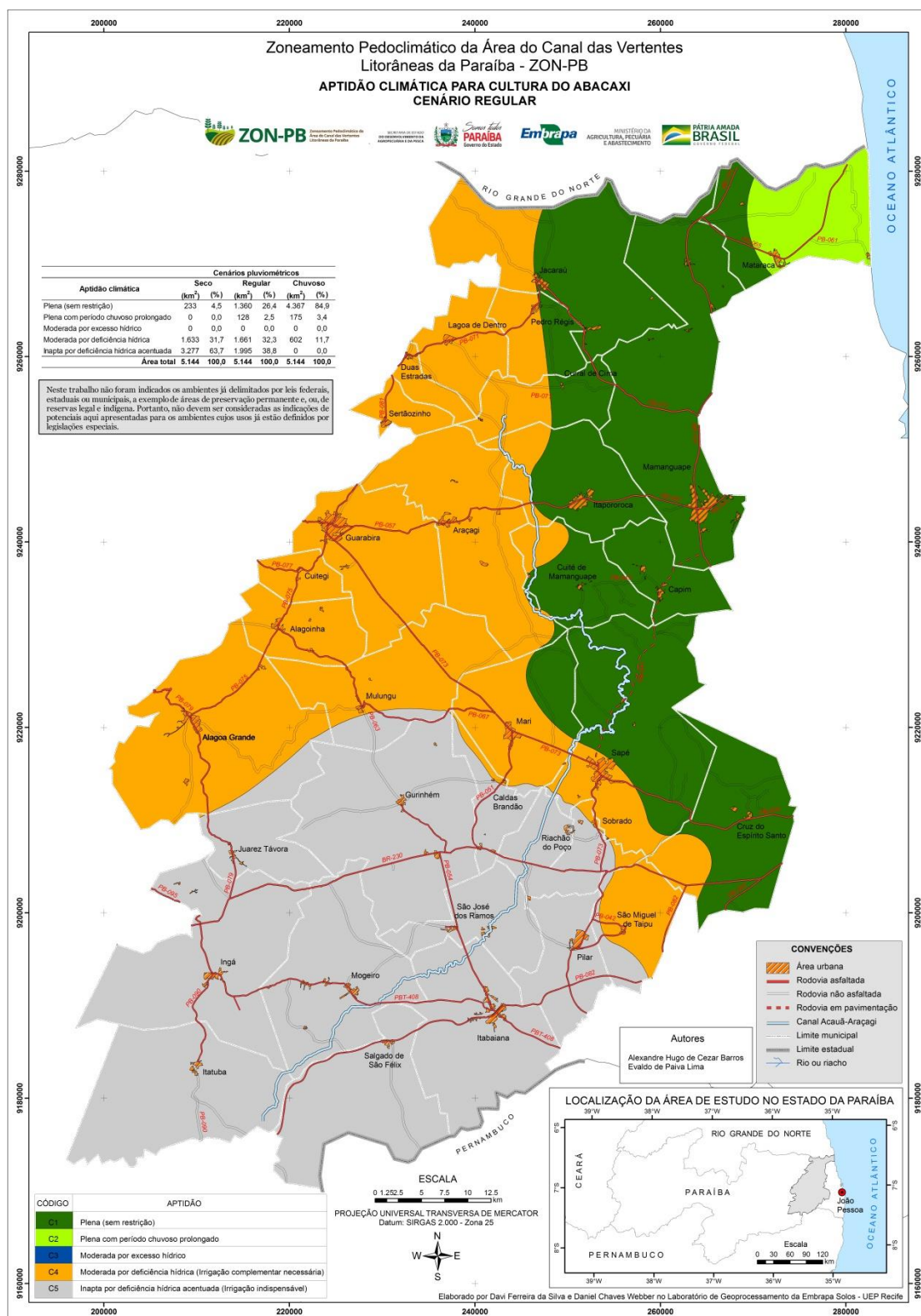


Figura 10. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do abacaxi no cenário pluviométrico regular.

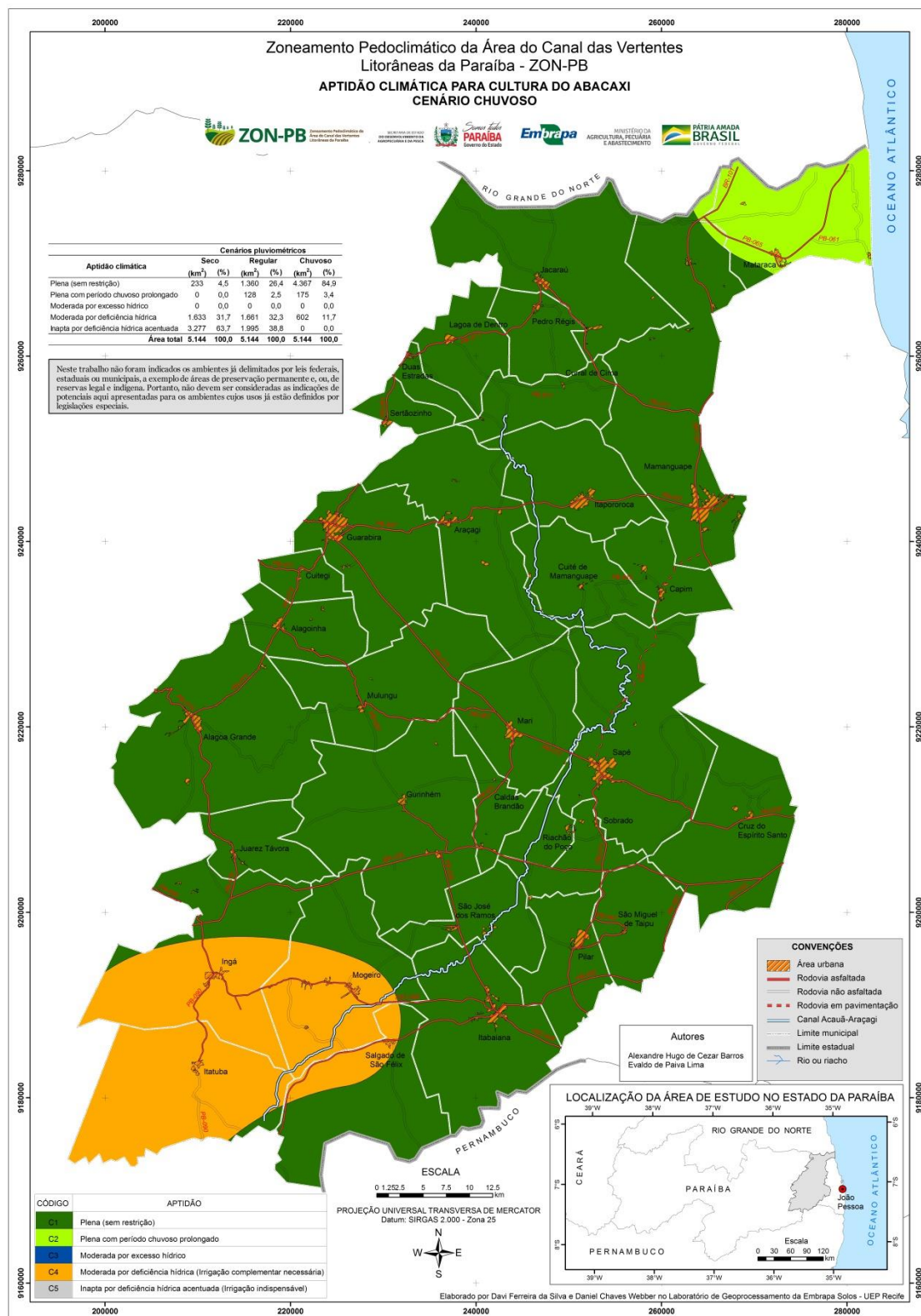


Figura 11. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do abacaxi no cenário pluviométrico chuvoso.

Ainda considerando os resultados para anos regulares, verifica-se que as áreas com aptidão moderada por deficiência hídrica somam 32,3% ou 1.661 km² da área total (Tabela 4). Essa classe contempla parte das áreas dos municípios de Jacaraú, Pedro Régis, Lagoa de Dentro, Duas Estradas, Araçagi, Sertãozinho, Guarabira, Cuitegi, Alagoinha, Alagoa Grande, Mulungu, Mari, Sobrado e São Miguel de Taipu (Figura 10). De fato, os municípios de Alagoa Grande, Mulungu, Mari até São Miguel de Taipu, correspondem o limite entre a classe de aptidão climática moderada por deficiência hídrica e a classe inapta por deficiência hídrica acentuada. Em toda a extensão da classe de aptidão moderada por deficiência hídrica é necessário o uso de irrigação complementar, dependendo do período do ano e da fase da cultura.

A classe inapta por deficiência hídrica acentuada (Figura 10) contempla áreas dos municípios de Juarez Távora, Gurinhém, Caldas Brandão, Riachão do Poço, São José dos Ramos, Ingá, Mogeiro, Pilar, Itatuba, Salgado de São Félix e Itabaiana. São áreas que não apresentam aptidão climática para a cultura do abacaxi, devido a forte limitação por deficiência hídrica, a não ser que se faça o uso, indispensável, da irrigação. Essa classe equivale a 38,8% ou 1.995 km² da área total, conforme pode-se observar na Tabela 4.

Fazendo-se uma comparação entre a classe de aptidão climática plena, sem restrição, do cenário pluviométrico de anos secos com a de anos regulares (Tabela 4), verifica-se uma redução de área de cerca de 21,9% (1.127 km²). No cenário pluviométrico de anos secos (Figura 9), uma grande parte da área de estudo apresenta restrições hídricas para o cultivo do abacaxi. Cerca de 63,7% (3.277 km²) é inapta por deficiência hídrica acentuada, e 31,7% (1.633 km²) por moderada deficiência hídrica. Apenas uma área próxima ao litoral em anos secos, que engloba o município de Mataraca e parte do município de Mamanguape, apresenta aptidão plena sem restrições. Essa área equivale a 4,5% ou 233 km², conforme pode-se observar na Tabela 4. De forma geral, a irrigação em anos secos na maior parte da área de estudo é necessária ou, até mesmo, indispensável.

De acordo com Souza et al. (2007), o uso da irrigação possibilita um incremento de ganho de peso do fruto do abacaxizeiro. Os mapas de aptidão climática mostram que grande parte da área, em anos regulares, demandam de irrigações complementares para alcançar melhor produtividade e qualidade dos

frutos. De acordo com a série de dados pluviométricos analisados, os anos secos e regulares ocorrem com frequência da ordem de 65 a 75%, por isso a importância de um plano de reserva hídrica visando à irrigação.

A falta de água pode limitar o desenvolvimento e a produção do abacaxi, sobretudo nos plantios que visam à obtenção de fruto fora da época normal de safra e, ou, durante o ano todo. Alguns autores recomendam o uso da irrigação em áreas com períodos secos definidos, em especial quando se prolongam por mais de três meses consecutivos, e em áreas de precipitação em torno de 600 a 800 mm (Cunha et al., 2009).

No cenário pluviométrico de anos chuvosos (Tabela 4), praticamente toda a área apresenta aptidão climática plena, sem restrições para a cultura do abacaxi, totalizando uma área de 84,9% (4.367 km²). Soma-se a essa área 3,4% (175 km²), com aptidão plena, mas com um período chuvoso prolongado, que totaliza 88,3% (4.542 km²) de áreas com aptidão climática plena. Nesse cenário pluviométrico não existe áreas inaptas. As áreas que apresentam moderada deficiência hídrica correspondem a 11,7% (602 km²) e contemplam parte dos municípios de Ingá, Mogeiro, Itatuba e Salgado de São Félix (Figura 11).

Percebe-se que existe um aumento substancial de áreas climaticamente aptas nos anos chuvosos quando comparado aos demais cenários pluviométricos. Isso reduz o uso de irrigação complementar, principalmente mais ao norte e centro-leste da área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba. Entretanto, parte das áreas dos municípios de Mataraca e Mamanguape podem apresentar restrições (Figura 11), quanto ao excesso de umidade, pois isso prejudica a colheita e favorece uma maior incidência de pragas e doenças. Essa área equivale a 3,4% (175 km²) do total da área de estudo, conforme pode-se observar na Tabela 4.

3.2. Cultura da cana-de-açúcar



Foto: Paulo Lanzetta, Embrapa.

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é cultivada entre as latitudes de 36° N e 31° S, desde o nível do mar até 1.000 m de altitude. É considerada 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 e Barros, 2002).

O rendimento econômico da cana-de-açúcar é dado pela produção de sacarose, além de açúcares não redutores, utilizados para formar o melaço, e também a fibra, que por sua combustão pode gerar energia (Toppa et al., 2010). 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.

A cana-de-açúcar, por ser uma planta de metabolismo fotossintético C4, apresenta alta eficiência na conversão de energia radiante em energia química, com altas taxas fotossintéticas (Rodrigues, 1995). Dessa forma, a radiação solar e o fotoperíodo não são fatores limitantes ao cultivo da cana-de-açúcar na área de estudo.

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. As temperaturas entre 21 e 32°C aumentam a taxa fotossintética e superiores a 32°C tem início a diminuição fotossintética da cana. Temperaturas mais baixas (menor que 21°C) diminuem o crescimento dos colmos e promovem o acúmulo de sacarose, ou seja, temperaturas médias mensais iguais ou superiores a 21°C são requeridas pela cultura, condição reinante em praticamente toda a área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba. O estado da Paraíba apresenta temperatura do ar mínima média anual de 21,7°C e máxima de 26,1°C (Francisco et al., 2015), condição térmica ideal, proporcionando ótimo crescimento da cana-de-açúcar. Além disso, a localização geográfica do Estado é favorável a incidência de radiação solar intensa, com fotoperíodo na faixa de 10 a 14 h, permitindo assim, crescimento e desenvolvimento adequados, com maior acúmulo de matéria seca (açúcar e fibras) em detrimento da quantidade de água (Marin et al., 2009).

Em relação às necessidades hídricas da cultura, elas variam de 2,3 a 7,8 mm/dia, dependendo das condições ambientais, da variedade e da fase fenológica (Marin et al., 2009), que varia entre 70 e 230 mm/mês.

Com relação às precipitações pluviométricas, para a cultura é adequado um total de chuva, bem distribuídas, entre 1.100 e 1.600 mm, principalmente nos meses de crescimento vegetativo, seguido por um período relativamente mais seco de amadurecimento. No período vegetativo, a disponibilidade hídrica promove o rápido crescimento e alongamento das plantas. Entretanto, o excesso hídrico no período de amadurecimento pode prejudicar a qualidade da sacarose produzida e o atraso nas operações da colheita (NETAFIM BRASIL, 2012).

Segundo Marin (2019), as necessidades hídricas da cana-de-açúcar vão de 1.500 a 2.500 milímetros, que devem ser distribuídos de maneira uniforme durante o período de desenvolvimento vegetativo, conforme dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO). Entretanto, estudos recentes têm mostrado que a quantidade de água necessária para a cultura atingir seu máximo potencial é em torno de 1.200 a 1.300 milímetros.

Moraes e Bastos (1972) indicam que um regime pluviométrico sem deficiência hídrica não é recomendável para produção de açúcar, porém a

elevada deficiência hídrica tem efeito prejudicial no desenvolvimento da cultura. Secas prolongadas, durante a fase de maturação, podem causar redução na produtividade de colmos, mas em contrapartida, podem aumentar, dependendo da intensidade, a concentração de sacarose, o que, em alguns casos, pode ser manejado pelo uso da irrigação e ser vantajoso sob o ponto de vista produtivo (Inman-Bamber, 2004).

Por esse motivo, no planejamento do plantio e da colheita é necessário adequar os períodos de estresse e excesso hídrico, de tal forma que o mesmo seja mínimo durante as fases críticas do crescimento da cultura (Inman-Bamber e Smith, 2005). Dessa forma, e por se tratar de cultura de ciclo vegetativo longo, foi considerado como referência o cenário pluviométrico regular como principal indicativo da possibilidade do seu cultivo na área de estudo.

O cenário pluviométrico chuvoso é muito importante por causa dos efeitos do excesso hídrico na cultura. O encharcamento do solo, especialmente em solos mal drenados ou com lençol freático muito elevado, pode criar condições anaeróbicas para o sistema radicular. Nessas condições, observa-se redução expressiva no vigor das brotações, na produção de colmos e na concentração de sacarose (Gilbert et al., 2008).

Por se tratar de uma cultura de ciclo vegetativo longo, foi considerado como referência o cenário pluviométrico regular como principal indicativo da possibilidade do seu cultivo na área de estudo. Os resultados da classificação dos cenários pluviométricos de anos secos e anos chuvosos têm como finalidade apenas fazer uma análise comparativa do tamanho de área e locais de ocorrência, considerando-se os resultados do cenário pluviométrico regular como referencial, em que a cultura pode ser prejudicada ou beneficiada quando acontecer tais variações climáticas. Isso possibilita uma melhoria no planejamento de atividades relacionadas ao manejo da cultura.

Deve-se mencionar, ainda, 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 neste trabalho não possibilitam detectar situações de relevo associadas à maior

disponibilidade de água, o que somente é possível por meio de uma análise detalhada, que considera a hidrologia de solos e a geomorfologia.

Segundo Marin et al. (2009), as raízes da cana-de-açúcar podem ter três tipos, o primeiro tipo encontram-se as raízes que dão sustentação à planta, que podem alcançar a profundidade de 1,5m; o segundo, é formado pelas raízes superficiais, mais finas e com alta capacidade de absorção de água e nutrientes; e o terceiro tipo é formado por raízes muito profundas, que podem chegar a 6 m de profundidade, cuja finalidade principal é de abastecer a planta com a água das camadas mais profundas do solo, em períodos de estiagem prolongada (Evans, 1936; Blackburn, 1984; Smith et al., 2005).

Para calcular o balanço hídrico do solo foi utilizada a capacidade de armazenamento de água no solo (CAM) de 125 mm, em razão do sistema radicular da cultura da cana-de-açúcar alcançar valores superiores a 1m de profundidade. As exigências termopluviométricas encontradas na literatura, sobre os efeitos da temperatura e da pluviometria na produtividade e no rendimento da cultura da cana-de-açúcar foram ajustadas ao índice efetivo de umidade (Im), que foi utilizado como parâmetro para o zoneamento, adaptando os critérios utilizados também por Varejão-Silva e Barros (2002), e Marin et al. (2009), conforme observa-se na Tabela 5. Além disso, a deficiência hídrica anual foram consideradas de forma indireta na avaliação das limitações para o seu cultivo em escala comercial, observando-se os valores superiores a 400 mm/ano.

Tabela 5. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura da cana-de-açúcar

Legenda	Cor	Aptidão Climática	Im(-)*
C1		Plena (sem restrição)	$0 \leq Im < 10$
C2		Plena com período chuvoso prolongado	$10 < Im \leq 40$
C3		Moderada por excesso hídrico	$Im > 40$
C4		Moderada por deficiência hídrica (Irrigação complementar necessária)	$-10 < Im \leq 0$
C5		Inapta por deficiência hídrica acentuada (Irrigação indispensável)	$Im \leq -10$

* Índice efetivo de umidade.

Os mapas de aptidão climática para os anos secos, regulares e chuvosos para cultivo da cana-de-açúcar na área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba são apresentados, respectivamente, nas Figuras 12, 13 e 14. Na Tabela 6 é apresentado o quantitativo das classes de aptidão climática para a cultura da cana nos três cenários pluviométricos (seco, regular e chuvoso).

Os mapas de aptidão climática para a cultura da cana-de-açúcar nos cenários pluviométricos seco (Figura 12) e chuvoso (Figura 14) são apresentados para que se observem as condições em que a cultura estaria submetida no referido cenário, quando comparado com o mapa do cenário pluviométrico de anos regulares (Figura 13) seja no plantio, no manejo e/ou na colheita.

No cenário pluviométrico regular, as áreas com aptidão climática plena, sem restrições hídricas, para o cultivo da cultura da cana-de-açúcar ocorrem na proximidade do litoral, onde reúnem as melhores condições climáticas para o cultivo da cana-de-açúcar. As áreas com aptidão climática plena distribuem-se pelas áreas dos municípios de Mataraca, Curral de Cima, Mamanguape, Itapororoca, Capim, Cuité de Mamanguape, Sapé, Sobrado, Cruz do Espírito Santo e São Miguel de Taipu (Figura 13). Cerca de 24,4% (1.257 km²) da área apresenta aptidão climática plena, sem restrições (Tabela 6).

Em parte do município de Mataraca pode haver excesso de umidade para a cultura da cana (classe plena com período chuvoso prolongado), conforme Figura 13, prejudicando os tratos culturais, as operações de colheita e a maturação da cana, e consequentemente teores de sacarose. Essa área corresponde a 2,1% (109 km²) do total (Tabela 6). Vale destacar que, uma importante fonte de variação na produtividade da cultura, além das condições climáticas, é o manejo adotado e adequado (Ribeiro et al., 1992).

Tabela 6. Quantitativo das classes de aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da cana-de-açúcar, nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso

Aptidão climática	Cenários pluviométricos					
	Seco		Regular		Chuvoso	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Plena (sem restrição)	110	2,1	1.257	24,4	3.401	66,1
Plena com período chuvoso prolongado	0	0,0	109	2,1	411	8,0
Moderada por excesso hídrico	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Moderada por deficiência hídrica	961	18,7	1.300	25,3	760	14,8
Inapta por deficiência hídrica acentuada	4.073	79,2	2.477	48,2	572	11,1
Área total	5.144	100,0	5.144	100,0	5.144	100,0

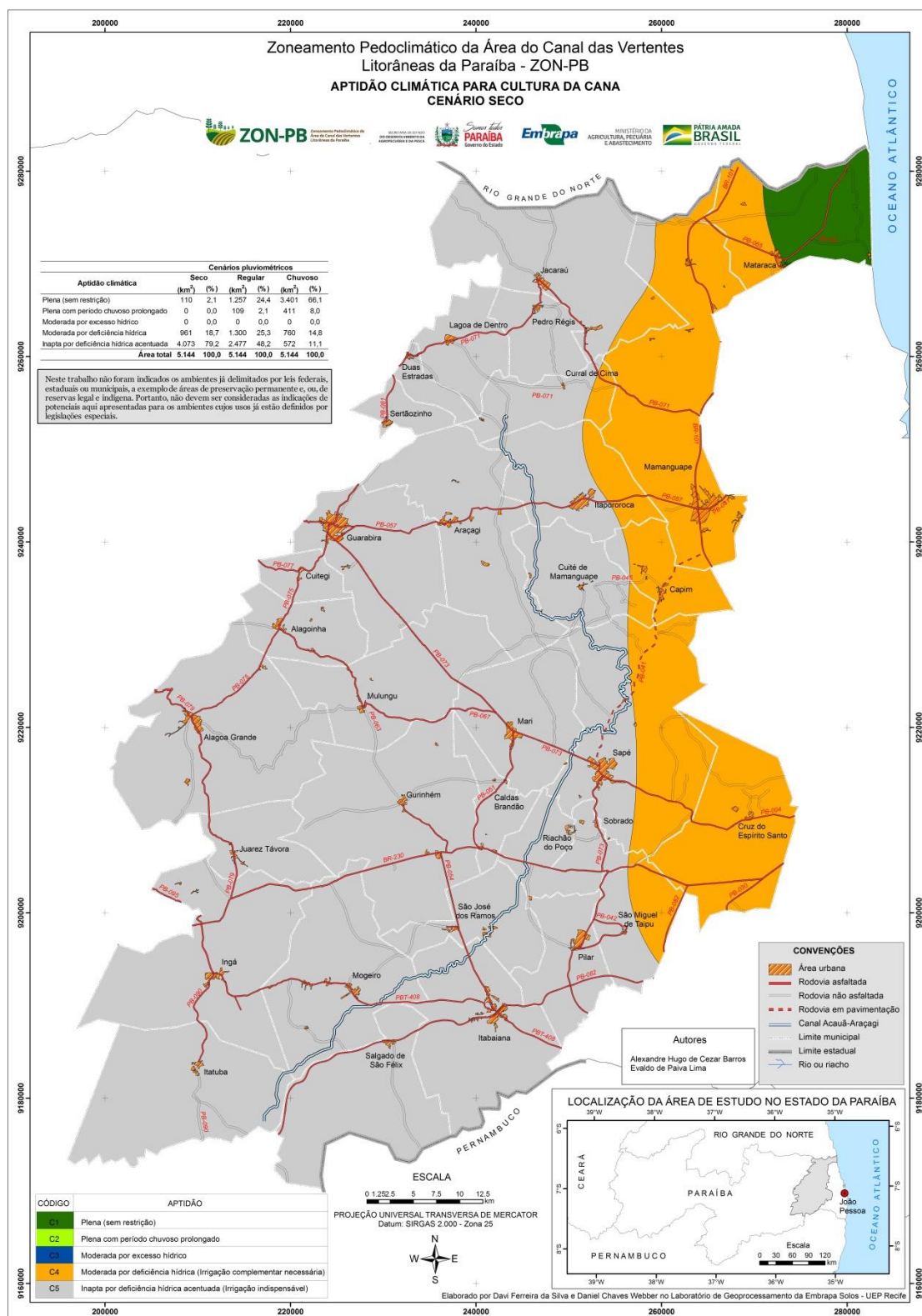


Figura 12. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico seco.

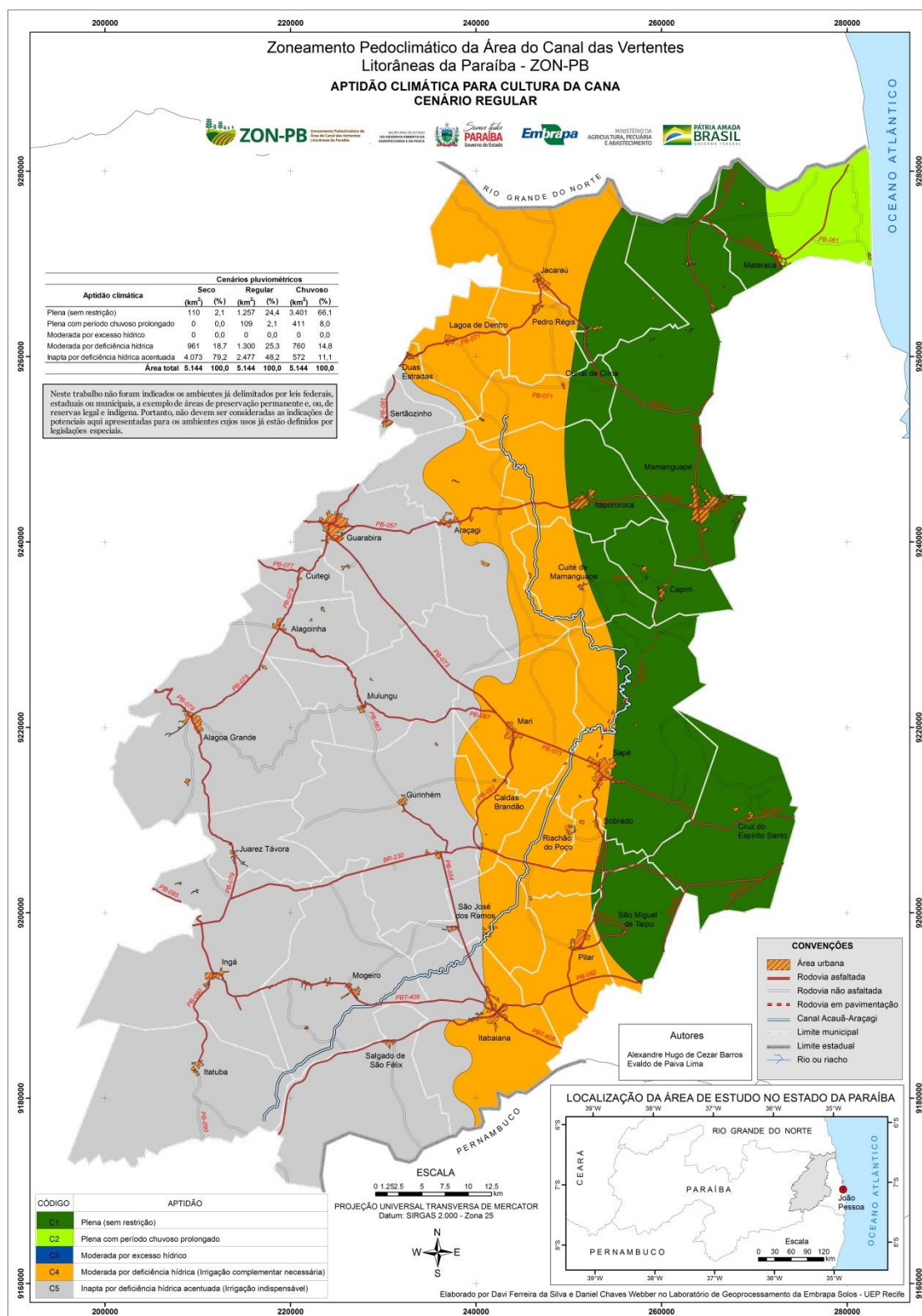


Figura 13. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico regular.

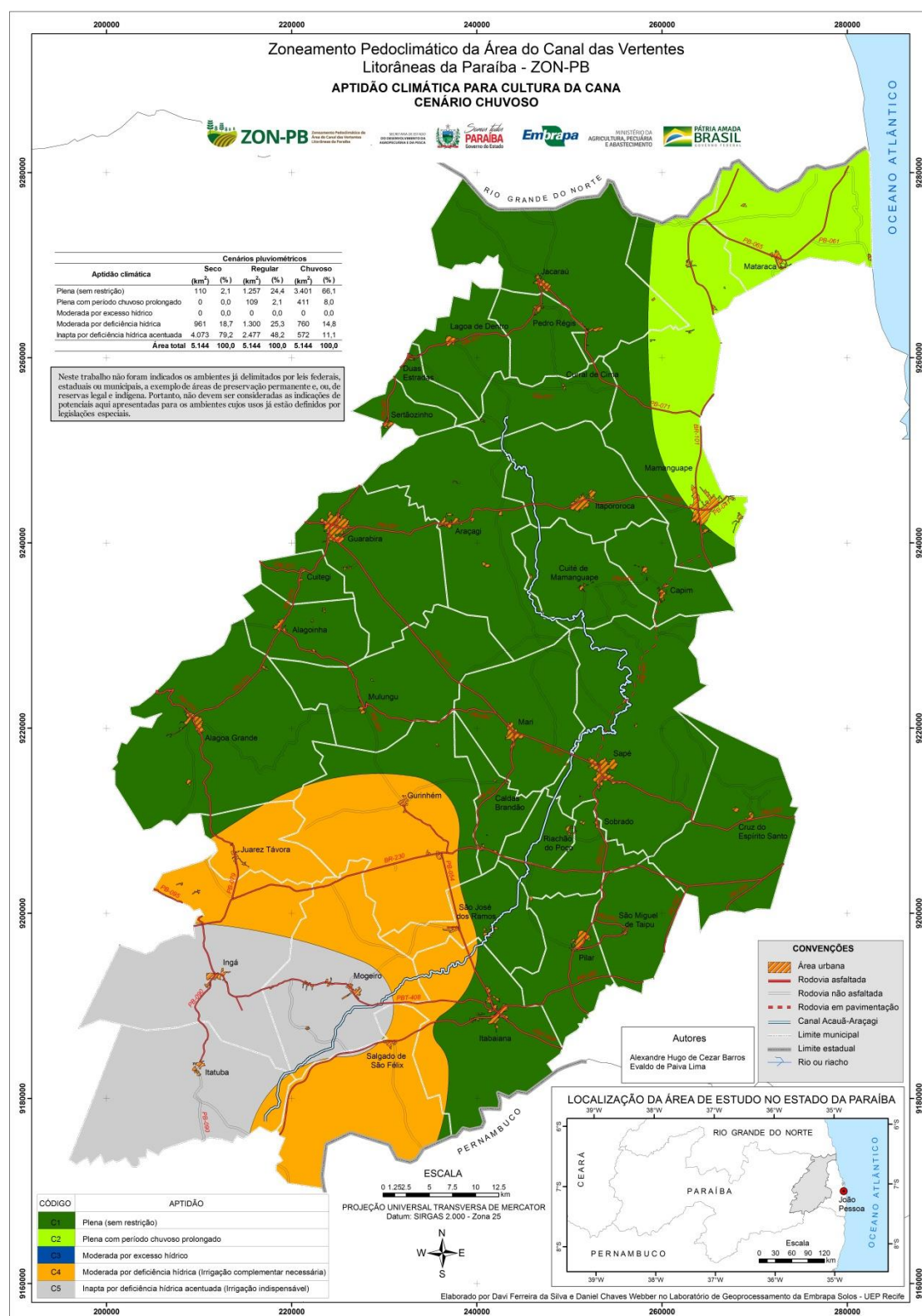


Figura 14. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da cana-de-açúcar no cenário pluviométrico chuvoso.

Ainda considerando o cenário pluviométrico regular, as áreas de aptidão moderada por deficiência hídrica estão na transição das mesorregiões da Mata e Agreste Paraibano, e envolve parte dos municípios de Jacaraú, Pedro Régis, Lagoa de Dentro, Duas Estradas, Araçagi, Cuité de Mamanguape, Mari, Sapé, Caldas Brandão, Riachão do Poço, Sobrado, Pilar e Itabaiana (Figura 13). Essa classe corresponde a 25,3% (1.300 km²) da área total, conforme observa-se na Tabela 6. Em toda essa região a irrigação complementar é necessária para alcançar maiores produtividades. Entretanto, toda parte a oeste desses municípios, envolvendo municípios das microrregiões de Guarabira, do Brejo Paraibano e de Itabaiana, são áreas inaptas para o cultivo da cana por causa da deficiência hídrica acentuada (Figura 13). Essa classe corresponde a 48,2% (2.477 km²) da área total (Tabela 6) e a irrigação se torna indispensável nesses locais para o cultivo da cana-de-açúcar.

A deficiência hídrica acentuada em anos secos limita o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar em praticamente toda a área de influência do canal das vertentes litorâneas da Paraíba (Figura 12), onde cerca de 79,2% (4.073 km²) não apresenta aptidão climática hídrica (Tabela 6). Somando-se a essa área 18,7% (961 km²) da classe de aptidão moderada por deficiência hídrica (Tabela 6) observa-se que, nessas circunstâncias, é frequente a redução da produção e a morte de plantios em fase de renovação da cana-de-açúcar. Dessa forma, verifica-se o quanto a irrigação é importante nessas áreas para a produção da cana-de-açúcar. Vale destacar que, no cenário pluviométrico seco apenas 2,1% (110 km²) apresenta aptidão climática plena (sem restrição). Essa área de aptidão plena ocupa parte do município de Mataraca (Figura 12).

No cenário pluviométrico chuvoso (Figura 14), a maior parte da área de estudo possui aptidão climática plena, sem restrições de ordem hídrica, ou seja, 66,1% (3.401 km²). Cerca de 8,0% (411 km²), conforme a Tabela 6, apresenta aptidão climática plena, mas com período chuvoso prolongado, e envolve parte dos municípios de Jacaraú, Mataraca e Mamanguape. Em comparação com os anos regulares, existe um aumento de 5,9% (302 km²) de áreas que podem ocorrer excesso de umidade e prejudicar o manejo e operações agrícolas da cultura da cana-de-açúcar (Tabela 6). Entretanto, o

número de anos classificados no cenário chuvoso representa uma porcentagem bem menor que os de anos classificados como regular.

Ainda com relação ao cenário chuvoso, uma pequena faixa da ordem de 14,8% (760 km²) apresenta aptidão climática moderada por deficiência hídrica (Tabela 6), que inclui parte dos municípios de Juarez Távora, Gurinhém, Mogeiro, Ingá, Itabaiana e Salgado de São Félix (Figura 14). No entanto, mesmo em anos chuvosos, a irrigação complementar é necessária em determinados períodos do ano nessas áreas. Por se tratar de uma área de transição para uma região mais seca, pode-se observar, também, que parte desses municípios (Mogeiro, Ingá, e Salgado de São Félix) contém áreas com aptidão climática inapta por deficiência hídrica acentuada.

3.3. Cultura da mandioca



Foto: Marco Rangel, Embrapa.

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) 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 20°N e 20°S. Altitudes que variam desde o nível do mar até 800 m são as mais favoráveis (Souza e Souza, 2000).

A mandioca constitui um dos principais alimentos energéticos para mais de 700 milhões de pessoas, principalmente nos países em desenvolvimento e constitui uma das principais alternativas de alimentação para a população de baixa renda. Considerada uma planta rústica, pouco exigente em água e nutrientes, a mandioca é capaz de produzir de forma satisfatória em ambientes onde, em geral, outras culturas não se desenvolvem bem. O principal subproduto da mandioca são as suas raízes, amplamente utilizadas *in natura* na alimentação humana e animal, ou industrializadas na produção de farinha, fécula e outros derivados.

Mais de 100 países produzem mandioca, sendo que o Brasil é o segundo maior produtor e participa com 10% da produção mundial (Mattos et al., 2006). O seu cultivo é realizado em todos os Estados de acordo com o censo agropecuário do IBGE (IBGE, 2018). Segundo o IBGE, o estado da Paraíba produziu 139.069 t em 2018, numa área de 14.891 ha, com produtividade média de 9,3 t/ha.

Os principais parâmetros climáticos que influenciam no desenvolvimento da mandioca são temperatura do ar, radiação solar, fotoperíodo e precipitação. A temperatura média do ar ideal para o cultivo da mandioca situa-se entre os limites de 20 e 27°C, mas produz bem na faixa de temperatura de 16 a 38°C. Temperaturas muito baixas retardam a germinação, diminuem a taxa de formação de folhas, o peso seco total e o peso seco de raízes (Souza e Souza, 2000). A temperatura afeta vários processos fisiológicos, sendo a fotossíntese, a respiração e a transpiração os mais comprometidos no crescimento e desenvolvimento da mandioca (Cavalcanti Filho, 1999). Uma temperatura média mensal em torno de 15°C faz com que a planta de mandioca interrompa sua atividade vegetativa, entrando em fase de repouso, quando, geralmente, perde as folhas (Mattos et al., 2006).

Na área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba não existe restrições climáticas quanto a radiação solar, temperatura do ar, e fotoperíodo, onde é exigido pela cultura da mandioca cerca de 12 horas por dia. As maiores restrições são relativas à disponibilidade hídrica. A faixa mais adequada de precipitação pluvial para a mandioca está compreendida entre 1.000 e 1.500 mm/ano, com boa distribuição durante 6 a 8 meses do ciclo vegetativo (Mattos et al., 2006).

Em regiões tropicais, a cultura produz em locais com totais pluviométricos anuais de até 4.000 mm/ano, 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 700 mm 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 e Souza, 2000). 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. De acordo com Mattos et al. (2006), deve-se também levar em consideração o excesso de chuvas nas diferentes fases da cultura.

O método de Thornthwaite (Thornthwaite e Mather, 1957) foi utilizado para calcular o balanço hídrico climatológico (BHC) de cada localidade, considerando-se 125 mm como sendo a capacidade média de armazenamento de água no solo (CAM), uma vez que grande parte do sistema radicular da mandioca encontra-se nesta profundidade. O índice efetivo de umidade (Im) proveniente do balanço hídrico, que sintetiza as exigências da cultura quanto à disponibilidade de água, foi utilizado como um dos critérios de seleção dos ambientes de aptidão climática para a cultura da mandioca (Tabela 7). Além do índice efetivo de umidade, a deficiência hídrica anual também foi considerada de forma indireta na avaliação das limitações para o seu cultivo.

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

Legenda	Cor	Aptidão Climática	Im(-)*
C1		Plena (sem restrição)	$-35 < Im \leq -10$
C2		Plena com período chuvoso prolongado	$-10 < Im \leq 45$
C3		Moderada por excesso hídrico	$Im > 45$
C4		Moderada por deficiência hídrica (Irrigação complementar necessária)	$-45 < Im \leq -35$
C5		Inapta por deficiência hídrica acentuada (Irrigação indispensável)	$Im \leq -45$

* Índice efetivo de umidade.

Os mapas de aptidão climática para os anos secos, regulares e chuvosos para cultivo da mandioca, na área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba, são apresentados, respectivamente, nas Figuras 15, 16 e 17. Na Tabela 8 é apresentado o quantitativo das classes de aptidão climática para a cultura da mandioca nos três cenários pluviométricos (seco, regular e chuvoso).

Tabela 8. Quantitativo das classes de aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da mandioca, nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso

Aptidão climática	Cenários pluviométricos					
	Seco		Regular		Chuvoso	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Plena (sem restrição)	4.137	80,4	4.930	95,8	5.011	97,4
Plena com período chuvoso prolongado	0	0,0	0	0,0	133	2,6
Moderada por excesso hídrico	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Moderada por deficiência hídrica	1.007	19,6	214	4,2	0	0,0
Inapta por deficiência hídrica acentuada	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Área total	5.144	100,0	5.144	100,0	5.144	100,0

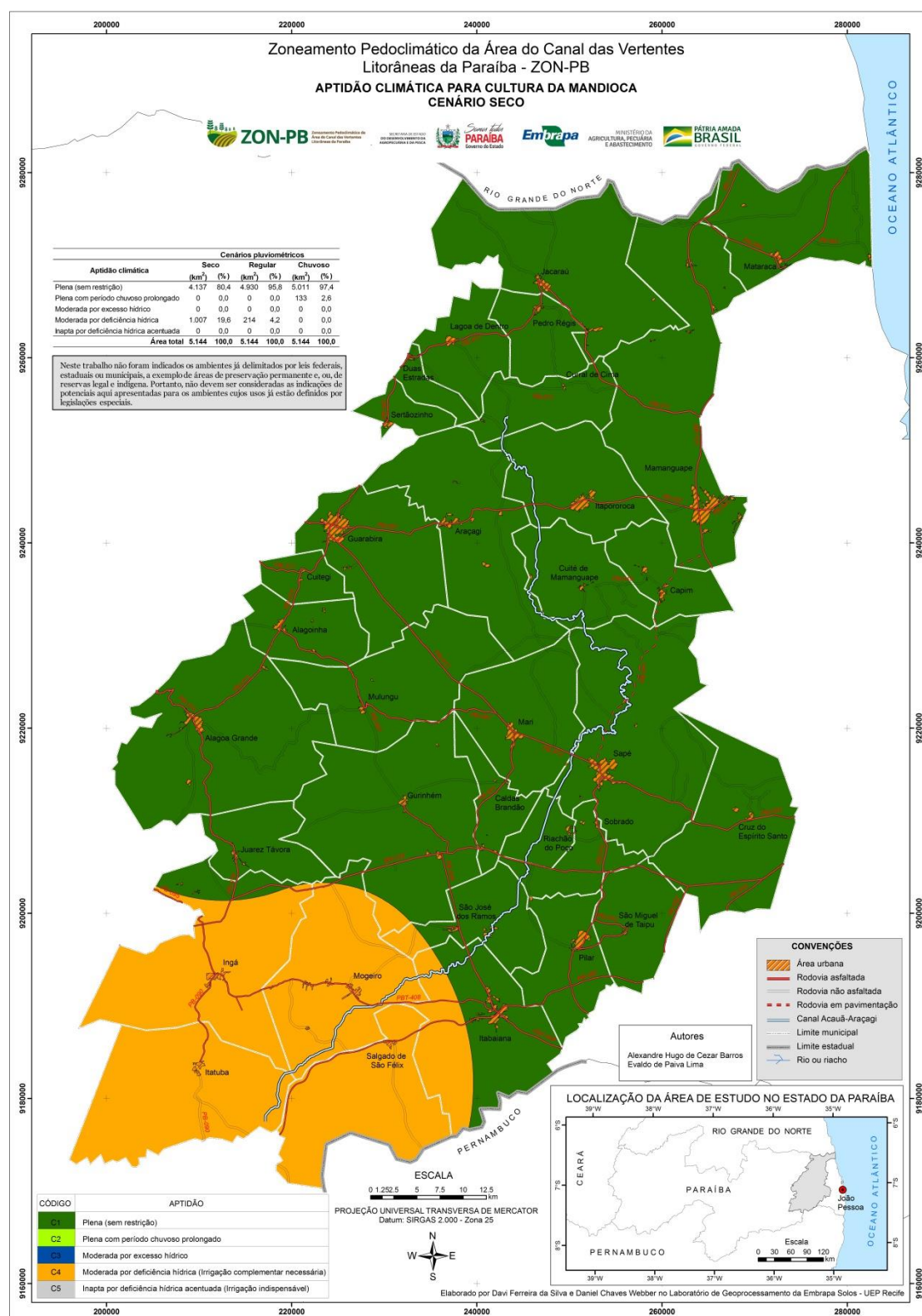


Figura 15. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da mandioca no cenário pluviométrico seco.

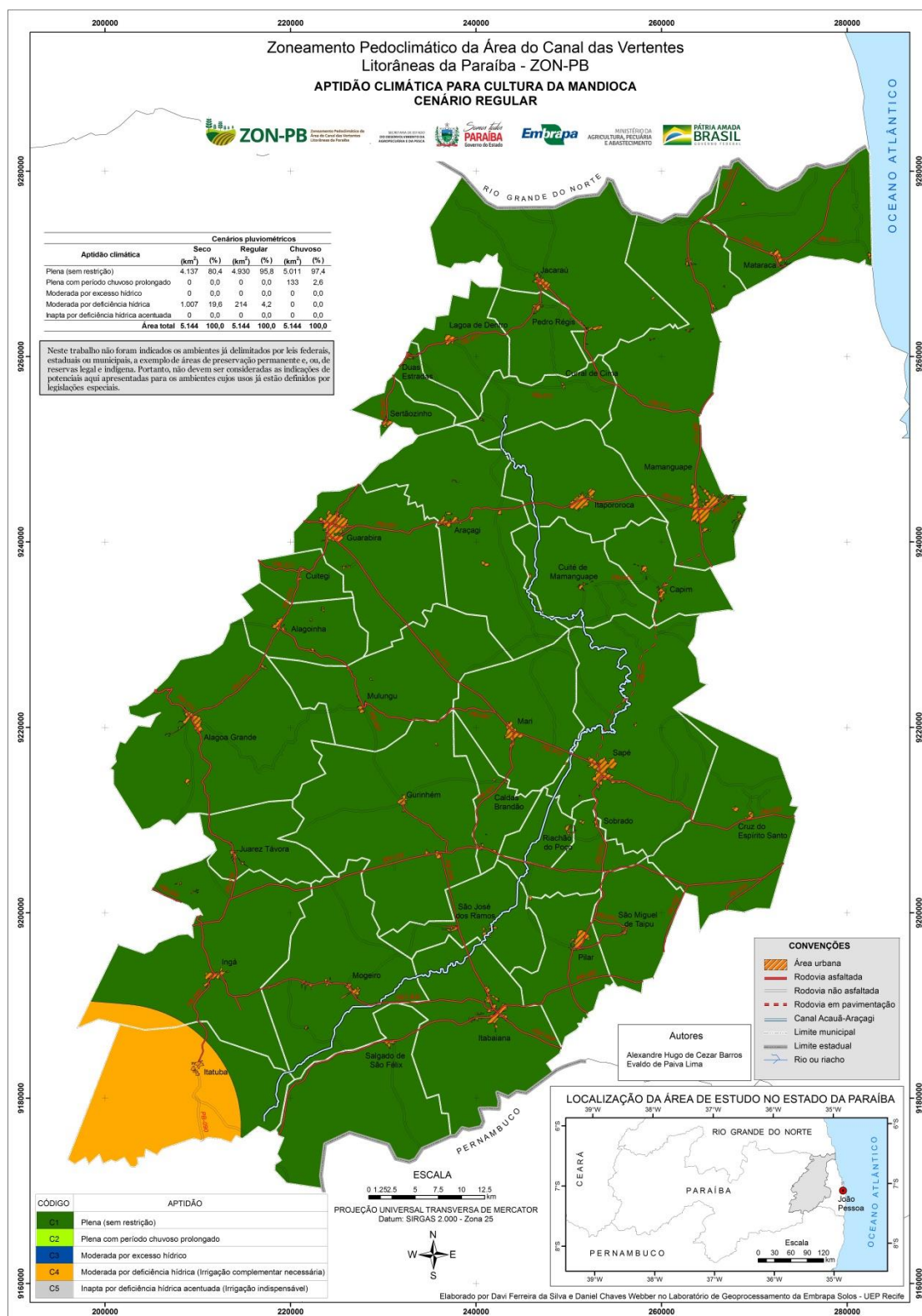


Figura 16. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da mandioca no cenário pluviométrico regular.

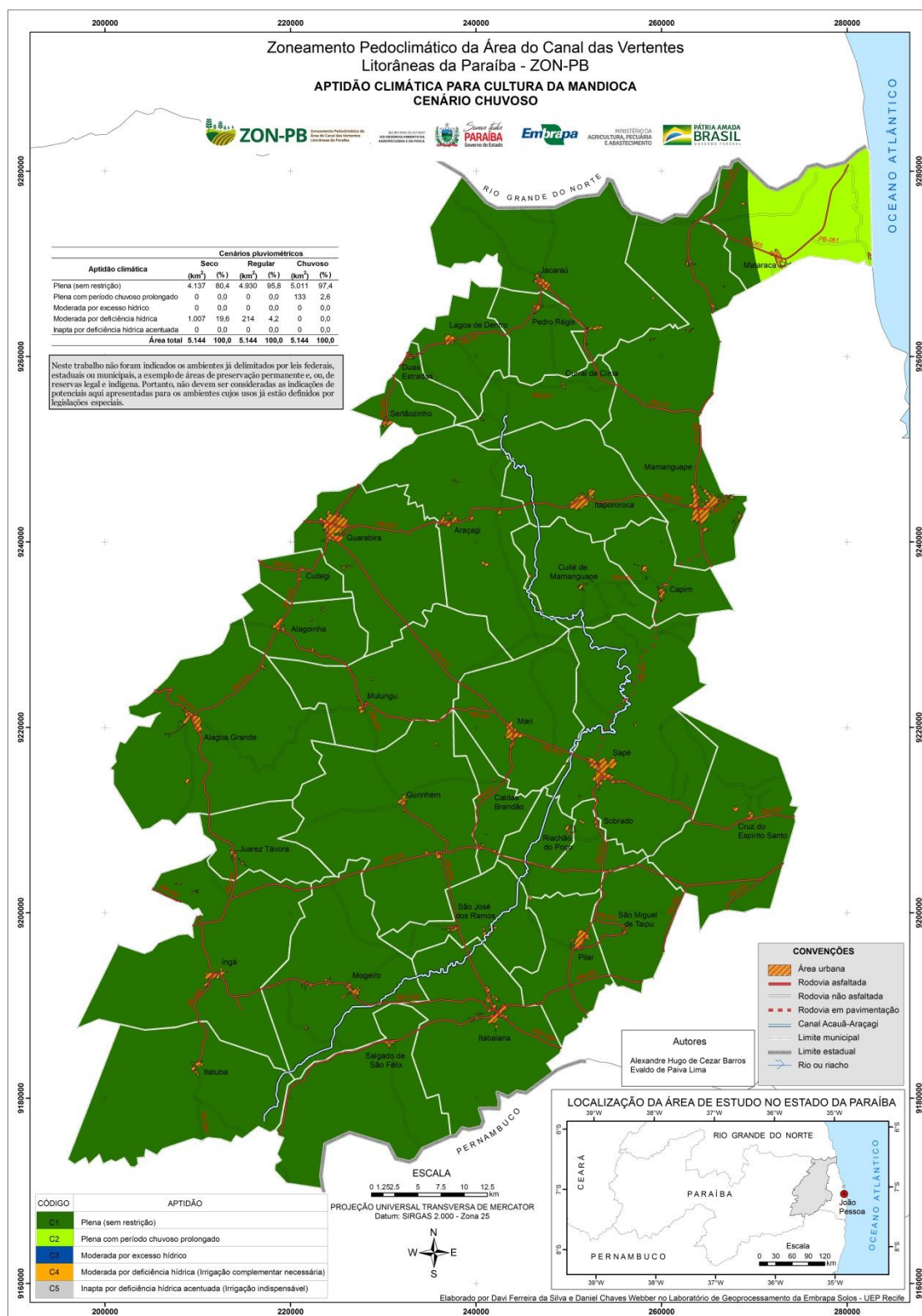


Figura 17. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura da mandioca no cenário pluviométrico chuvoso.

Por se tratar de uma cultura de ciclo vegetativo longo, superior a doze meses, foi considerado apenas o mapa de aptidão climática para anos regulares (Figura 16). Os mapas de aptidão climática para anos secos (Figura 15) e chuvosos (Figura 17) são apresentados apenas para observar as condições que a cultura pode estar submetida de ano para ano, seja no plantio, no manejo e, ou, na colheita. Destaca-se que, é muito importante o manejo da cultura e uso de variedades já adaptadas à região, ou melhoradas e selecionadas para esse fim, bem como adequar a época de plantio ao início da época chuvosa, para que não ocorra deficiência de água nos primeiros cinco meses do ciclo.

De forma geral, observa-se que as condições climáticas para a cultura da mandioca na área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba são favoráveis em todos os cenários pluviométricos. Não existe inaptidão por deficiência hídrica acentuada em nenhum dos três cenários estudados. Apenas apresenta aptidão climática moderada por deficiência hídrica, nos anos regulares, em partes dos municípios de Itatuba e Ingá (Figura 16). Entretanto, essa área se expande para áreas dos municípios de Mogeiro, Salgado de São Félix, Itabaiana, São José dos Ramos e Gurinhém no cenário pluviométrico seco (Figura 15).

Nos anos regulares estima-se que 95,8% (4.930 km²) da área de estudo apresenta condições climáticas favoráveis, sem restrições hídricas, para o cultivo da mandioca (Tabela 8). As áreas com aptidão moderada por deficiência hídrica correspondem a 4,2% (214 km²), e somando-se essa área com as de condições climáticas favoráveis, sem restrições hídricas, chega-se a um total de 5.144 km² (100,0%). Dessa forma, observa-se que toda a área de estudo, excluindo-se as áreas urbanas e corpos d'água bem como as áreas de proteção permanente e, ou, de reservas legal e indígena, apresenta condições para o cultivo da mandioca nos anos regulares (Tabela 8). Lembrando que, a irrigação complementar deve ser utilizada quando for necessário.

No cenário pluviométrico seco estima-se que 80,4% (4.137 km²) da área de estudo apresenta condições climáticas favoráveis, sem restrições hídricas, para o cultivo da mandioca (Tabela 8). As áreas com aptidão moderada por deficiência hídrica correspondem a 19,6% (1.077 km²), um incremento de 793 km² (15,4%) em relação ao cenário regular.

Nos anos considerados chuvosos, apenas uma parte do município de Mataraca, na fronteira com o estado do Rio Grande do Norte, apresenta uma área de aptidão climática plena com período chuvoso prolongado (Figura 17), podendo prejudicar a colheita e aumentar a incidência de podridão das raízes da mandioca. Isso corresponde a 2,6% (133 km²) da área total de estudo (Tabela 8). Francisco et al. (2017), avaliando regiões aptas para o cultivo da mandioca no estado da Paraíba, encontrou condições climática semelhantes para áreas com excesso de umidade na região do município de Mataraca. Outra questão a ser destacada, é que a colheita da mandioca geralmente é realizada entre 14 e 16 meses após a semeadura e dependendo da época do plantio poderá haver problemas de colheita devido ao excesso hídrico nessa área.

Vale destacar que, a produção economicamente aceitável da mandioca, utilizando poucos insumos, gerou a crença de que a cultura é resistente e ou tolerante a uma série de problemas abióticos (Almeida et al., 2018). Entretanto, a realidade tem contrariado esse pensamento, pois o manejo tanto do solo quanto do clima tem sido inadequado ao longo de décadas e tem ampliado a degradação do agroambiente e ameaçado a sustentabilidade da cultura (Reynolds et al., 2015).

3.4. Cultura do milho



Foto: Felipe Rosa, Embrapa.

A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta pouca tolerância à falta de água. Cultivado em diversos sistemas produtivos, o milho é plantado principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Em geral, no Nordeste 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 (Cruz et al., 2000).

Pela continentalidade do Brasil, observa-se que os fatores que afetam o crescimento da cultura de milho variam de acordo 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, pois afetam as atividades fisiológicas que interferem diretamente na produção de grãos e de matéria seca (EMBRAPA, 1996; Cruz et al., 2000).

A região Nordeste do Brasil em virtude das secas prolongadas, e as regiões Sul e Sudeste em razão de estiagens (veranicos) apresentam grande variabilidade na produção agrícola (Bergamaschi e Matzenauer, 2009). Altas temperaturas associadas ao déficit hídrico, pode levar ao enrolamento de folhas e ao fechamento dos estômatos, reduzindo o índice de área foliar, a eficiência na interceptação da radiação solar e, conseqüentemente, a produtividade da cultura (Bergamaschi e Matzenauer, 2009).

A produtividade de milho na região Nordeste podem ser explicados pelas condições ambientais, sendo o regime das chuvas irregular e o nível de aplicação de tecnologias no manejo do solo e da cultura os principais fatores limitantes (Lira et al., 1983; Carvalho et al., 2005; Cruz et al., 2008).

A região Nordeste apresenta a maior área cultivada com milho primeira safra do País. A produtividade estimada foi de 2.865 kg/ha e a produção de 5,5 milhões de toneladas na safra 2017/2018 (CONAB, 2018). O estado da Paraíba cultivou 100,29 mil ha de milho na safra 2017/2018, sendo que 37% no Sertão Paraibano; 23% na mesorregião da Borborema; 39% no Agreste e apenas 1% na região da Mata Paraibana, tendo uma produtividade média de 473 a 875 kg/ha (IBGE, 2018).

Com relação a temperatura do ar, o intervalo ideal para o cultivo do milho varia entre 25 e 30°C. Temperaturas do solo inferiores a 10°C e superiores a 35°C prejudicam o desenvolvimento da cultura. Temperaturas do ar superiores a 35°C provocam a diminuição da atividade da enzima redutase do nitrato, causando queda de rendimento e da composição protéica 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 (Sans e Santos, 1992; Taiz e Zeiger, 2004). Na região de estudo essas variáveis estão dentro das exigências da cultura do milho, restringindo-se a disponibilidade hídrica.

A redução no rendimento de grãos pode ser causada por estresse hídrico, entre duas semanas antes e duas semanas após o espigamento. A maior redução resulta de estresse no espigamento. Dessa forma, o uso da irrigação no período de quatro semanas em torno do espigamento é o mais importante (Ritchie et al., 1986).

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 e Zeiger, 2004).

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. Os períodos de escassez hídrica consecutivos é importante para delimitação das áreas com aptidão climática para a cultura (Cruz et al., 2000).

O milho é cultivado em regiões com precipitação de 400mm 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 800mm (Aldrich et al., 1986), consistindo em uma das culturas mais afetadas pela variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica.

Landau et al. (2019) complementam dizendo que, o milho é uma cultura muito exigente em água e pode ser cultivado em regiões onde as precipitações variam desde 250 até 5.000 mm anuais. O consumo de água pela planta, nos estádios iniciais de crescimento, num clima quente e seco, raramente excede 2,5 mm/dia. Durante o período compreendido entre o espigamento e a maturação, o consumo pode se elevar para 5 a 7,5 mm diários.

Os critérios discriminantes utilizados para caracterizar os diferentes graus de aptidão climática, para o cultivo do milho, consideraram os aspectos citados, e após diversas tentativas a partir do balanço hídrico climatológico mensal, todas acompanhando, mês a mês, do plantio à colheita, foram obtidas as condições de deficiência e excedente hídrico no desenvolvimento da cultura (Varejão-Silva e Barros, 2002).

Para o zoneamento da cultura do milho foram adotados os parâmetros indicados e relacionados aos meses (1, 2, 3 e 4) do ciclo vegetativo (tomado como 120 dias). Foram utilizados os seguintes índices: $j = 1, 2$ e 3 (cumulativo), para designar todos 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. Considerou-se, CAM = 100 mm como a capacidade de armazenamento de água no solo mais favorável no presente estudo.

Aptidão Moderada por excesso hídrico: se a soma do excedente hídrico for igual ou superior a 400 mm ($\sum EXC_j \geq 400$ mm) ou, alternativamente, se em qualquer mês for igual ou exceder a 200 mm ($EXC_i \geq 200$ mm) caracteriza-se ambiente com água em demasia para a cultura;

Aptidão Plena, com período chuvoso prolongado, caracterizando pequeno excesso hídrico ($P_4/EP_4 \geq 1$), podendo prejudicar a secagem dos grãos e a colheita (4º mês após o plantio);

Aptidão Plena: ($\sum EXC_j < 400$ mm; $EXC_i < 200$ mm; $DEF_i < 5$ mm; $DEF_k = 0$ e $P_4/EP_4 < 1$), sem limitações climáticas apreciáveis;

Aptidão Moderada por deficiência hídrica: quando em um mês qualquer a deficiência for inferior a 5 mm ($DEF_i < 5$ mm), nos demais inferior a 10 mm ($DEF_k < 10$ mm), tendo o 4º mês relativamente seco ($P_4/EP_4 < 1$) e/ou quando em um mês qualquer a deficiência for inferior a 5 mm ($DEF_i < 5$ mm), nos

demais inferior a 20 mm ($DEF_k < 20$ mm), tendo o 4º mês relativamente seco ($P_4/EP_4 < 1$); e

Inaptidão climática por deficiência hídrica acentuada: quando a deficiência hídrica for igual ou superior a 20 mm em dois ou mais meses do ciclo ($DEF_i \geq 5$ mm e $DEF_k \geq 20$ mm).

Com base nas informações anteriores foram gerados os mapas de aptidão climática para os anos secos (Figura 18), anos regulares (Figura 19) e anos chuvosos (Figura 20) para cultivo do milho na área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba. Na Tabela 9 é apresentado o quantitativo das classes de aptidão climática para a cultura do milho nos três cenários pluviométricos.

Tabela 9. Quantitativo das classes de aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do milho, nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso

Aptidão climática	Cenários pluviométricos					
	Seco		Regular		Chuvoso	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Plena (sem restrição)	3.317	64,5	4.615	89,7	1.220	23,7
Plena com período chuvoso prolongado	0	0,0	139	2,7	3.639	70,8
Moderada por excesso hídrico	0	0,0	0	0,0	284	5,5
Moderada por deficiência hídrica	1.827	35,5	389	7,6	0	0,0
Inapta por deficiência hídrica acentuada	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Área total	5.144	100,0	5.144	100,0	5.144	100,0

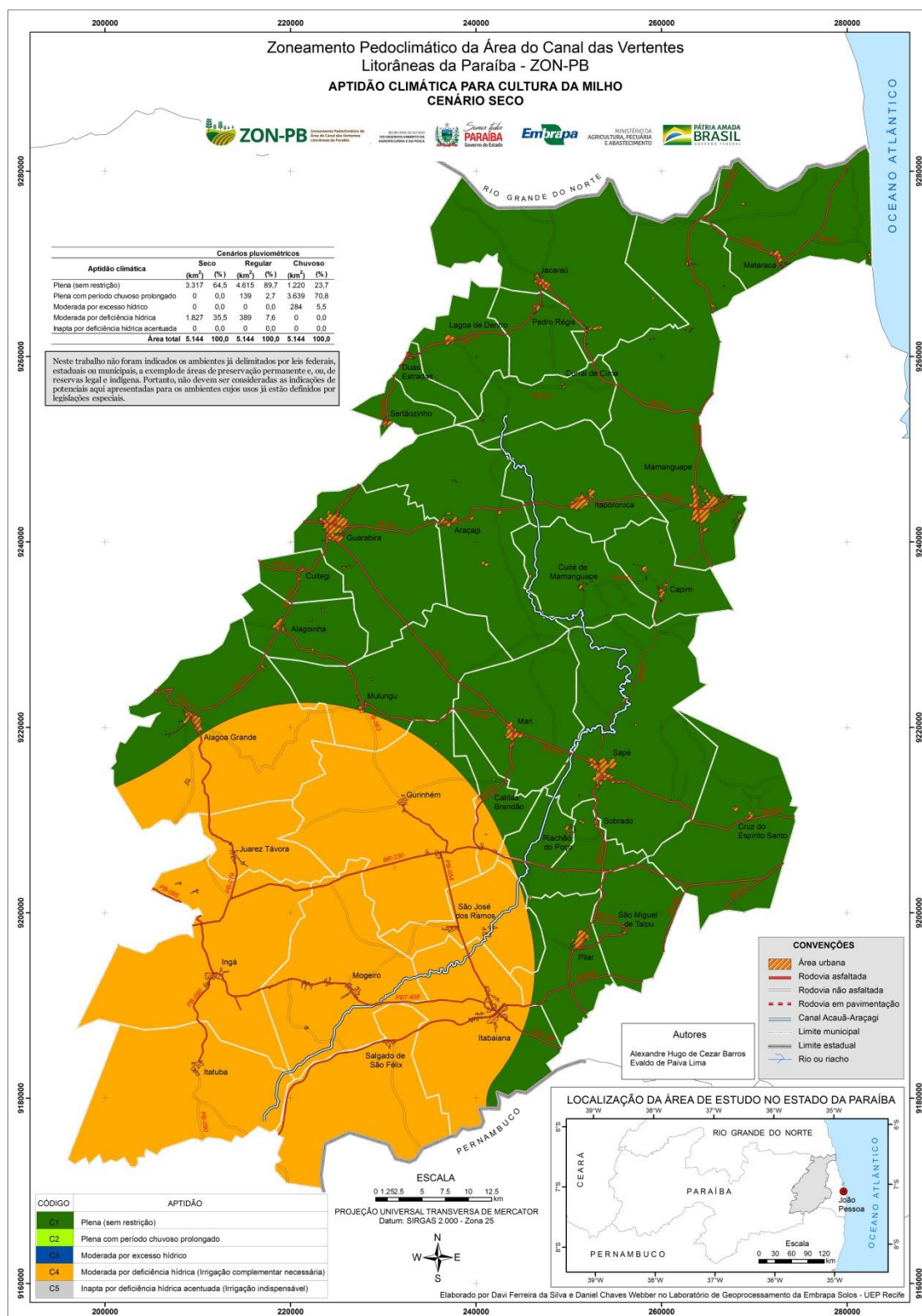


Figura 18. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do milho no cenário pluviométrico seco.

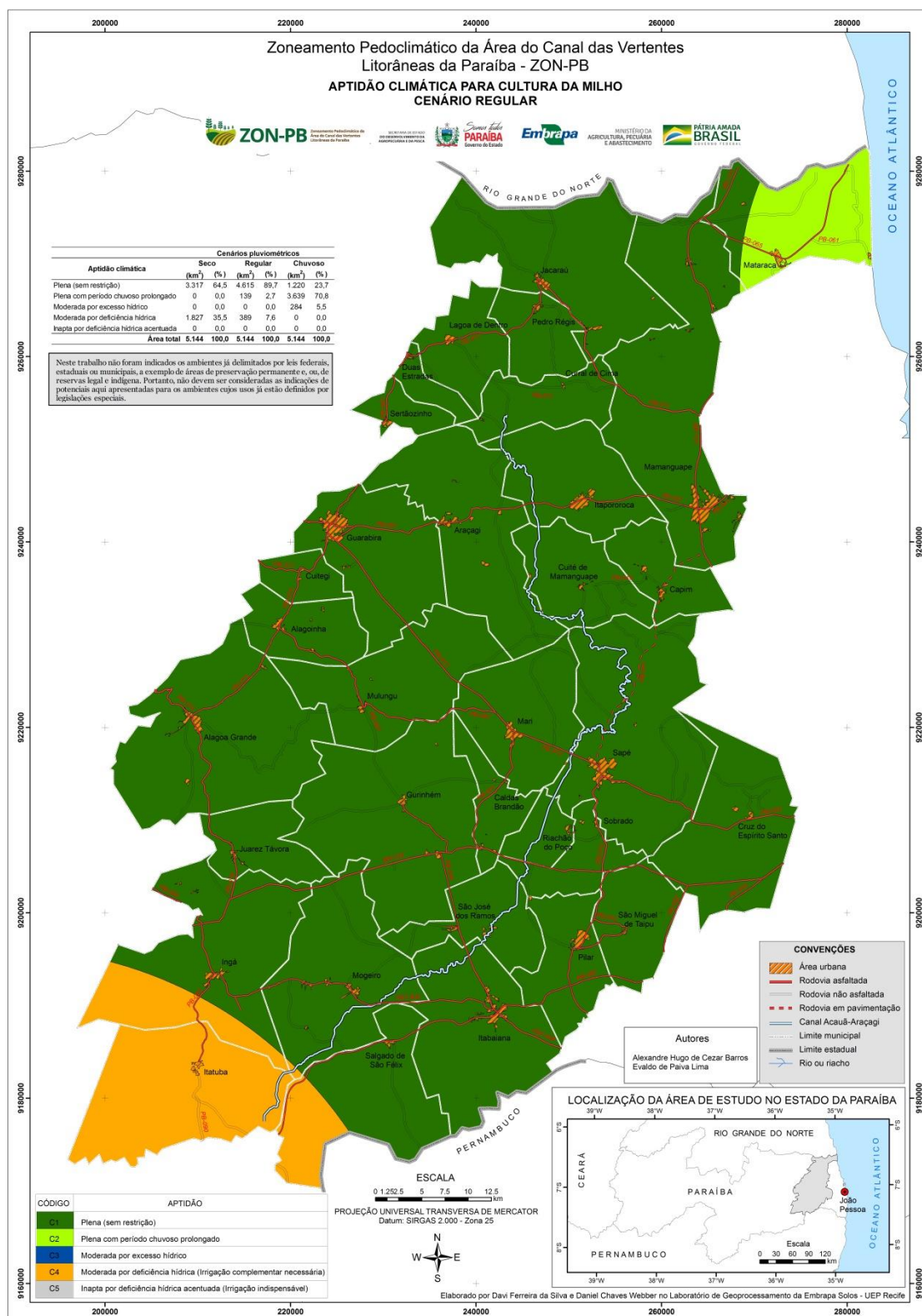


Figura 19. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do milho no cenário pluviométrico regular.

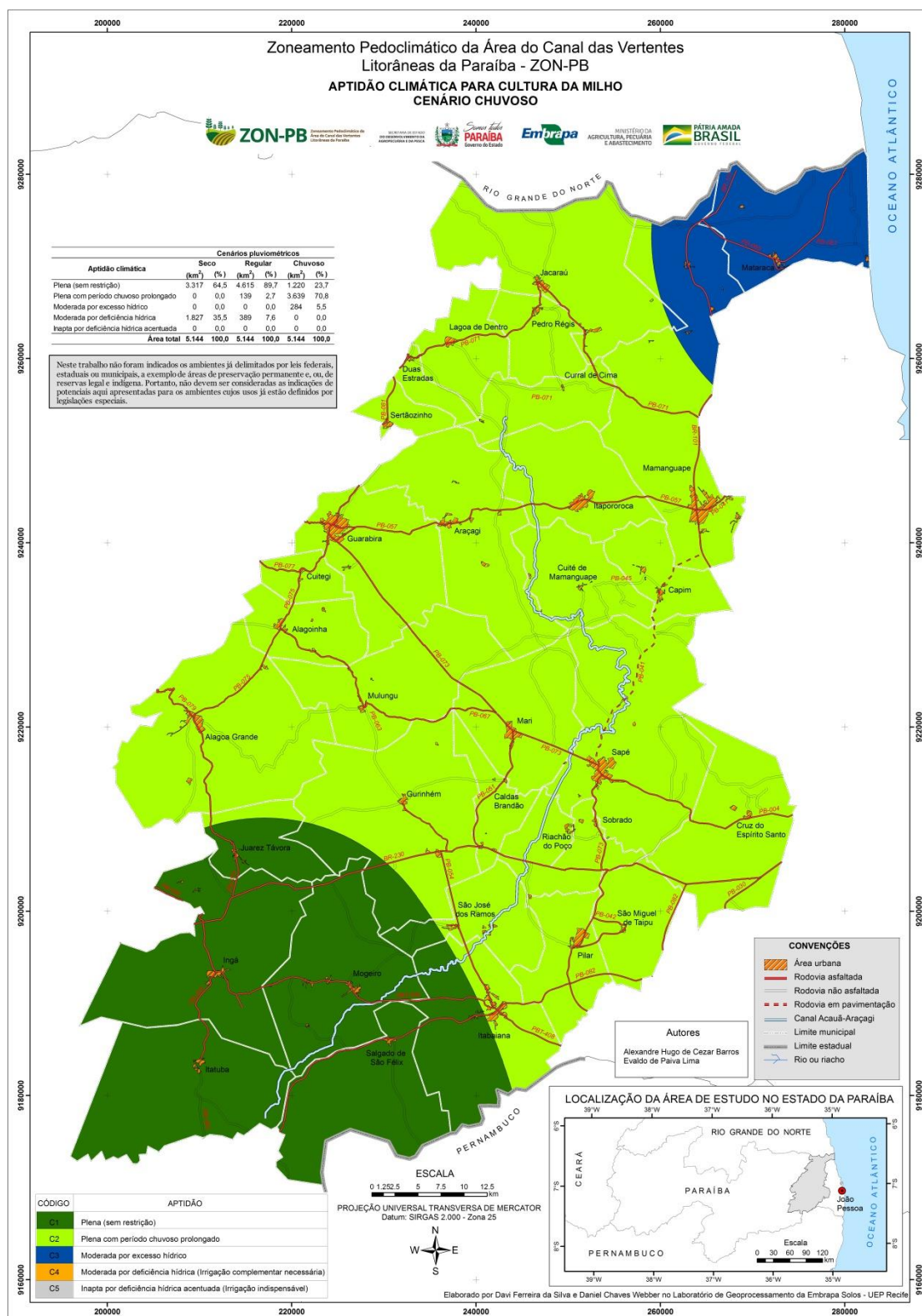


Figura 20. Aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do milho no cenário pluviométrico chuvoso.

De forma geral, e da mesma forma que na cultura da mandioca, observa-se que não existe inaptidão por deficiência hídrica acentuada em nenhum dos três cenários estudados. As condições climáticas para a cultura do milho na área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba são favoráveis em todos os cenários. Em anos secos, 64,5% (3.317 km²) da área apresenta aptidão climática plena, sem restrição hídrica, para o milho; 89,7% (4.615 km²) em anos regulares e 23,7% (1.220 km²) nos anos chuvosos (Tabela 9), corroborando por meio de números a viabilidade da região para o cultivo do milho.

Apenas os cenários de anos secos (Figura 18) e regulares (Figura 19) que apresentam aptidão climática moderada por deficiência hídrica para a cultura do milho. Nos anos regulares, as áreas ficam restritas a partes dos municípios de Itatuba, Ingá, Mogeiro e Salgado de São Félix. Entretanto, nos anos secos essa classe de aptidão aumenta consideravelmente chegando a um total de 35,5% (1827 km²), um acréscimo de 27,9% (1.438 km²), conforme observa-se na Tabela 9. Dessa forma, partes dos municípios de Gurinhém, Mulungu, Alagoa Grande, Mogeiro, Itabaiana, Ingá, Itatuba, Salgado de São Félix, Pilar e São José dos Ramos precisam de irrigação complementar devido à deficiência hídrica moderada.

Nos anos regulares, na microrregião do Litoral Norte, mais precisamente em áreas dos municípios de Mataraca e Mamanguape, pode ocorrer um período chuvoso prolongado que prejudicaria a colheita e a secagem dos grãos (Figura 19). Essa área corresponde a 2,7% e equivale a 139 km² (13.900 ha) da área total, conforme se observa na Tabela 9.

No cenário chuvoso as áreas com excesso hídrico correspondem há 76,3% ou (3.923 km²), conforme observa-se na Figura 20. As chuvas nesse cenário são mais intensas e por períodos mais prolongados devido aos sistemas meteorológicos dominantes. A classe de aptidão climática plena com período chuvoso prolongado se sobressai e apresenta 70,8% (3.639 km²) do total da área (Tabela 9), enquanto que a classe moderada por excesso hídrico representa apenas 5,5% (284 km²) de parte dos municípios de Mataraca, Mamanguape e Jacaraú. O período chuvoso pode se estender além do ciclo da cultura e isso pode prejudicar a maturação e a secagem dos grãos. Nesses ambientes, o adequado manejo da cultura pode diminuir o impacto de períodos

chuvosos prolongados. Vale ainda destacar que, no cenário pluviométrico chuvoso, toda a microrregião de Itabaiana possui aptidão climática plena, sem restrições hídricas.

Fazendo-se uma comparação entre os três cenários pluviométricos, verifica-se que as áreas com aptidão plena para o milho são superiores a 64,0% nos anos secos; 92,0% nos anos regulares; e 94,0% nos anos chuvosos, evidenciando que a área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba pode ser uma alternativa para o cultivo do milho.

3.5. Cultura do sorgo



Foto: Flávio Dessaune Tardin, Embrapa.

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma planta de origem tropical, bem adaptada a regiões áridas e semiáridas, exigindo clima quente para poder expressar o seu potencial produtivo. A cultura, com características xerófilas, é considerada tolerante a períodos secos, notadamente em regiões do Nordeste do Brasil (Rodrigues, 2008; Tabosa et al., 2008).

No Brasil, o interesse pelo o sorgo vem aumentando especialmente para produção de etanol, pastejo e para a produção de grãos após as culturas de verão. Nos estados da região Nordeste, em função da irregularidade no regime de chuvas e de veranicos, com 15 a 20 dias sem chuvas, o cultivo do sorgo é

realizado durante a estação chuvosa. A eficiência no uso da água do sorgo é maior do que em outras culturas, como o milho, quando o suprimento de água é deficitário (Pereira Filho et al., 2015).

As condições climáticas durante o desenvolvimento da cultura são importantes para a qualidade do produto e produção final, principalmente com relação ao excesso hídrico para colheita de grãos. A cultura do sorgo exige em torno de 300 a 400 mm 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. Segundo Pereira Filho et al. (2015), de uma forma geral, o requerimento de água do sorgo varia de 380 a 600 mm.

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 florescimento, sendo importante nessas épocas um adequado nível de suprimento de água para uma boa produção (Rodrigues, 2008; Tabosa et al., 2008).

A temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura varia conforme a cultivar considerada. De modo geral, temperaturas do ar superiores a 38°C ou inferiores a 16°C limitam o desenvolvimento da maioria das cultivares. Um aumento de 5°C em relação à temperatura ótima noturna pode implicar em uma redução de até 33% da produtividade, uma vez que ocorre o aumento da taxa de respiração noturna. A cada 1°C de aumento da temperatura noturna, a respiração aumenta em torno de 14%.

Por pertencer ao grupo de plantas C4, o sorgo tolera elevados níveis de radiação solar, respondendo com altas taxas fotossintéticas, minimizando a abertura dos estômatos e consequente a perda d'água. A cultura exige um clima relativamente quente para expressar seu potencial de produção (MAPA, 2014). Dessa forma, o aumento da intensidade luminosa implica em maior produtividade, sempre que as demais condições sejam favoráveis (Rodrigues, 2008). Na região de estudo a principal limitação do sorgo é de ordem hídrica, principalmente em relação a eventos de deficiência e excesso hídrico.

O excesso hídrico no solo provoca a deficiência de oxigênio e o baixo potencial redox do solo, que afetam desfavoravelmente vários aspectos da

fisiologia vegetal, como mudanças na assimilação de carbono, absorção de macronutrientes e supressão do metabolismo respiratório das raízes (KOZLOWSKI, 1997; PEZESHKI, 2001; KREUZWIESER et al., 2004).

Pereira Filho et al. (2015) destacaram que, entre as medidas de manejo, quando a região está submetida a ocorrência de excesso hídrico, deve-se: a) escolher a época de plantio que permita a ocorrência dos estádios de enchimento de grãos e de maturidade fisiológica em período sem chuvas frequentes; b) utilizar cultivares de sorgo com grãos resistentes ao ataque dos fungos presentes no campo de produção dos grãos; c) evitar que grãos no ponto de colheita permaneçam no campo, ficando assim sujeitos a serem molhados durante a ocorrência de chuvas; d) colher os grãos com nível adequado de umidade e armazená-los em condições que não favoreçam o desenvolvimento de fungos.

Para delimitar as áreas com aptidão climática da cultura do sorgo, 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 adiante, relacionados aos meses (1, 2, 3 e 4) do ciclo vegetativo (tomado como 120 dias). As informações podem ser interpretadas com o objetivo de produzir grãos ou forragem (feno). Em ambos os casos, as exigências climáticas da planta, durante o ciclo vegetativo, são as mesmas (Varejão-Silva e Barros, 2002).

Para designar todos os três meses iniciais do ciclo foram usados os seguintes índices: $j = 1, 2$ e 3 (cumulativo); 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 . Considerou-se 100 mm como a capacidade de armazenamento de água no solo (CAM) mais favorável ao presente estudo. Os seguintes critérios discriminantes foram utilizados:

Aptidão Moderada por excesso hídrico: se a soma do excedente hídrico durante todo o ciclo da cultura ($j = 1, 2, 3, 4$ meses) for igual ou superior a 300 mm ($\sum \text{EXC}_j \geq 300\text{ mm}$) ou, alternativamente, se em qualquer mês (i) for igual ou exceder a 200 mm ($\text{EXC}_i \geq 200\text{ mm}$), caracteriza-se ambiente com água em demasia para a cultura;

Aptidão plena, com período chuvoso prolongado: no final do ciclo ($P_4/EP_4 \geq 1$), podendo prejudicar a secagem dos grãos ou a silagem;

Aptidão Plena: ($0 \leq \sum EXC_i < 200$ mm; $DEF_i < 10$ mm e $P_4/EP_4 < 1$), sem limitações climáticas apreciáveis;

Aptidão Moderada por deficiência hídrica: quando a deficiência mensal for inferior a 20 mm ($DEF_i < 20$ mm) em todo o ciclo, tendo o 4º mês relativamente seco ($P_4/EP_4 < 1$), ou carência hídrica, quando a deficiência hídrica for inferior a 20 mm no primeiro mês ($DEF_1 < 20$ mm), e 40 mm nos demais ($DEF_{2,3} < 40$ mm), tendo o 4º mês relativamente seco ($P_4/EP_4 < 1$);

Inaptidão climática por deficiência hídrica acentuada: quando a deficiência hídrica for igual ou superior a 20 mm no primeiro mês do ciclo ou superior a 40 mm em quaisquer dos demais meses ($DEF_1 \geq 20$ e $DEF_{2,3} \geq 40$ mm).

Com base nas informações anteriores foram gerados os mapas de aptidão climática para os anos secos (Figura 21), anos regulares (Figura 22) e anos chuvosos (Figura 23) para cultivo do sorgo na área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba. Na Tabela 10 é apresentado o quantitativo das classes de aptidão climática para a cultura do sorgo nos três cenários pluviométricos (seco, regular e chuvoso).

De forma geral, os mapas de aptidão climática da cultura do sorgo, principalmente nos cenários de anos secos (Figura 21) e anos chuvosos (Figura 23), apresentam muitas similaridades com os da cultura do milho. Isso revela o quanto às exigências hídricas dessas culturas são parecidas, sendo a cultura do sorgo mais tolerante às condições de deficiência hídrica quando comparada com a cultura do milho. O cenário pluviométrico para anos regulares (Figura 22) apresenta aptidão climática plena em toda a extensão da área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba. Também foi observado, quando se compara com a cultura do milho, que não existe inaptidão por deficiência hídrica acentuada em nenhum dos três cenários.

Tabela 10. Quantitativo das classes de aptidão climática da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba para cultura do sorgo, nos cenários pluviométricos: seco, regular e chuvoso

Aptidão climática	Cenários pluviométricos					
	Seco		Regular		Chuvoso	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Plena (sem restrição)	4.269	83,0	4.882	94,9	617	12,0
Plena com período chuvoso prolongado	0	0,0	261	5,1	4.212	81,9
Moderada por excesso hídrico	0	0,0	0	0,0	315	6,1
Moderada por deficiência hídrica	875	17,0	0	0,0	0	0,0
Inapta por deficiência hídrica acentuada	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Área total	5.144	100,0	5.144	100,0	5.144	100,0

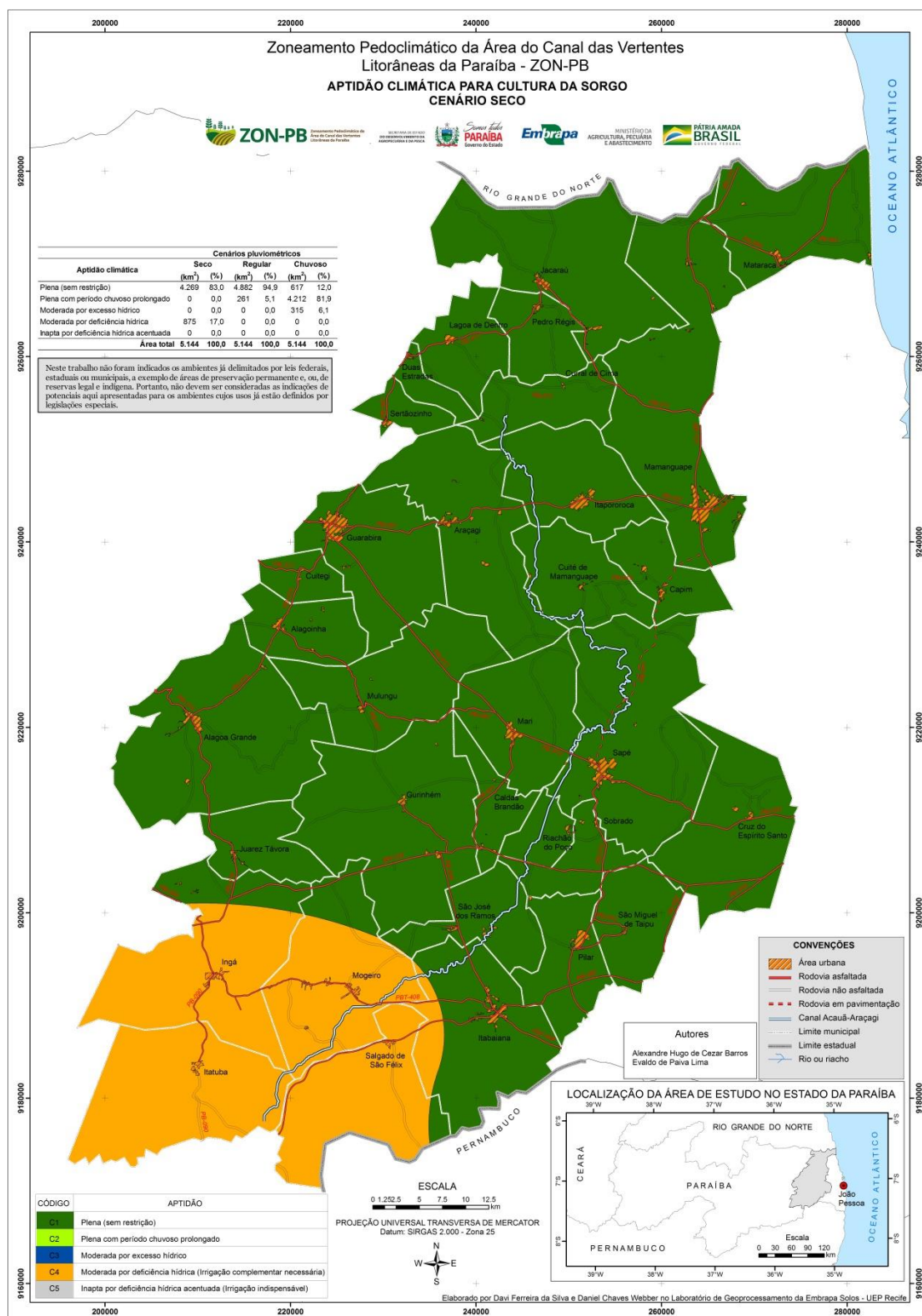


Figura 21. Zoneamento de aptidão climática na área de estudo para a cultura do sorgo no cenário pluviométrico seco.

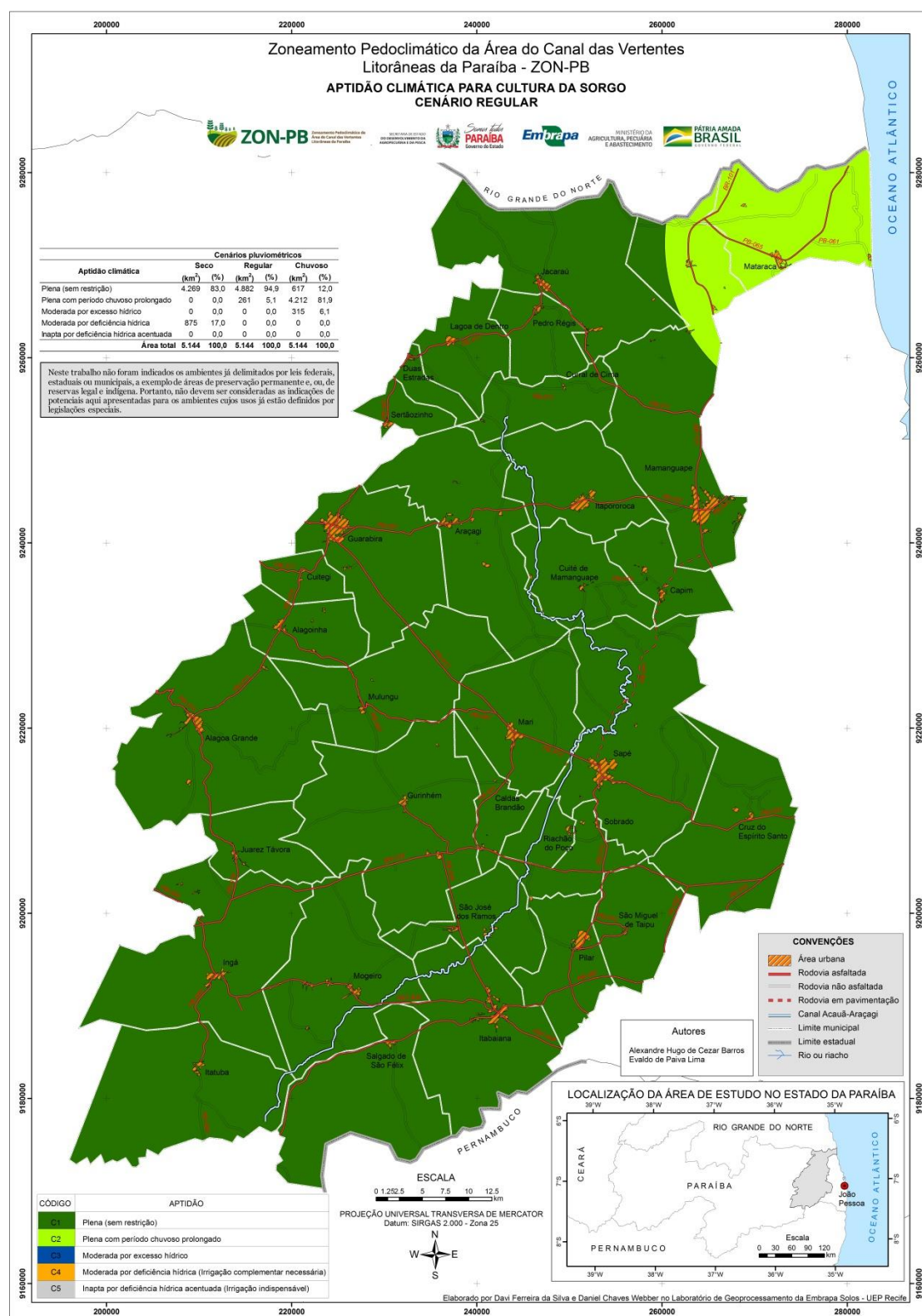


Figura 22. Zoneamento de aptidão climática na área de estudo para a cultura do sorgo no cenário pluviométrico regular.

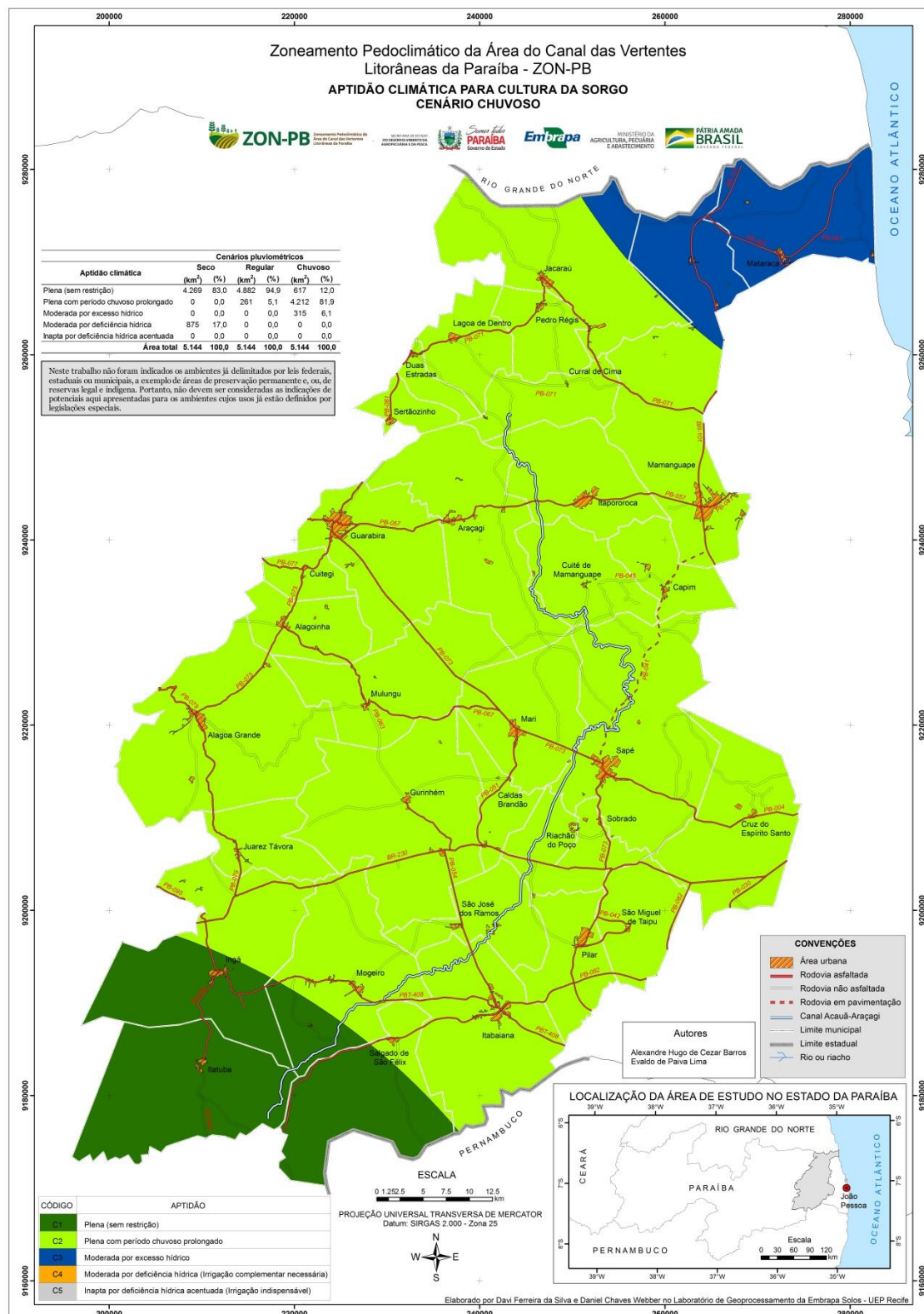


Figura 23. Zoneamento de aptidão climática na área de estudo para a cultura do sorgo no cenário pluviométrico chuvoso.

No cenário pluviométrico regular, verifica-se que 94,9% (4.882 km²) da área de estudo (Tabela 10) encontra-se sob condição climática plena, sem restrição hídrica, para o cultivo do sorgo. Apenas uma pequena área (5,1% ou 261 km²), que abrange parte dos municípios de Mataraca e Mamanguape, possui aptidão plena com período chuvoso prolongado (Figura 22). Somando-se as áreas dessas duas classes obtém-se um total de 100,0% (5.144 km²) e, dessa forma, observa-se que não existe limitação hídrica nesse cenário pluviométrico.

No cenário pluviométrico seco, 83,0% (4.269 km²) da área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba apresenta aptidão plena, sem restrição hídrica, conforme observa-se na Tabela 10; e 17,0% (875 km²) apresenta aptidão moderada por deficiência hídrica. Isso evidencia que a cultura do sorgo precisa de irrigação complementar, embora seja mais resistente a deficiência hídrica, principalmente nos anos considerados secos. Nessa condição está inserida parte da microrregião de Itabaiana, que incluem os municípios de Ingá, Mogeiro, Itatuba, Salgado de São Félix e Itabaiana, sendo todos esses pertencentes à classe de aptidão moderada por deficiência hídrica (Figura 21).

No cenário chuvoso são extensas as áreas que podem apresentar problemas devido ao excesso hídrico (Figura 23). Essas áreas correspondem à classe de aptidão plena com período chuvoso prolongado e, moderada por excesso hídrico. Essa última classe envolve parte dos municípios de Mataraca, Jacaraú e Mamanguape e possui 6,1% (315 km²) da área, conforme observa-se na Tabela 10. A classe de aptidão plena com período chuvoso prolongado corresponde a cerca de 81,9% (4.212 km²) da área total de estudo, sendo a de maior tamanho nesse cenário. Ressalta-se que, a adoção de um manejo adequado para o cultivo do sorgo pode minimizar a ocorrência de excesso hídrico nessas áreas. Na medida em que se desloca mais para o sul, especificamente na microrregião de Itabaiana, o excesso hídrico tende a diminuir e isso torna parte dos municípios de Ingá, Mogeiro, Itatuba e Salgado de São Félix plenos, sem restrição hídrica, ao cultivo do sorgo. A classe de aptidão plena, sem restrição hídrica, corresponde há 12,0% (617 km²) da área de influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba.

4. Considerações finais

Os maiores percentuais de áreas com aptidão climática plena, sem restrições hídricas, foram observados para a cultura da mandioca, com valor superior a 80,0% no cenário pluviométrico seco, e chegando a mais de 95,0% nos cenários de anos regulares e chuvosos;

Os menores percentuais de áreas com aptidão plena, sem restrição hídrica, foram observados na cultura da cana-de-açúcar, com valor de cerca de 2,0% no cenário de anos secos e de 24,0% no cenário de anos regulares. No entanto, no cenário pluviométrico chuvoso chegou a mais de 66,0% do total da área de estudo;

A deficiência hídrica acentuada em anos secos limita o cultivo da cana-de-açúcar em praticamente toda a área de influência do canal das vertentes litorâneas da Paraíba, correspondendo a mais de 79,0% da área. O uso da irrigação é indispensável para evitar a redução na produção e/ou morte dos plantios de cana;

A maior parte da área de estudo apresenta restrições hídricas nos cenários de anos secos e regulares, chegando a mais de 71,0% do território, para o cultivo do abacaxi. Dessa forma, a irrigação se torna tanto necessária como, na maior parte dos casos, indispensável para se alcançar melhor produtividade e qualidade dos frutos;

As culturas do milho e sorgo se desenvolvem bem nos cenários de anos secos e regulares, porém no cenário pluviométrico chuvoso pode apresentar problemas devido ao excesso hídrico. Recomenda-se a adoção de um manejo adequado no cultivo dessas culturas para minimizar a ocorrência de excesso hídrico nas áreas que apresentar essa vulnerabilidade.

5. Referências bibliográficas

ALDRICH, S. R.; SCOTT, W. O.; HOEFT, R. G. **Modern corn production**. 3 ed. Champaign: A & L Publications, 1986. 358 p.

ALEMÁN, P. A. M.; GARCÍA, E. The variability of rainfall in Mexico and its determination by means of the gamma distribution. **Geografiska Annaler**, v. 63, n. 1/2, p. 1-10, 1981.

ALMEIDA, C. O.; CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, L. D.; PORTO, M. C. M. **Estudo prospectivo produção de mandioca no Brasil: o desafio do incremento de produtividade com preservação de solos**. Cruz das almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018. 38 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 224).

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. Milho. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia: MAPA, 2009, 530 p.

BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; MUSSER, R. dos S.; SILVA, E. A. da; MARANHÃO, E. A. de A.; COELHO, R. S. B.; CÉSAR, F. **Árvore do Conhecimento: Território Mata Sul pernambucana**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000fbz80bbh02wx5eo0sawqe35nbbcs8.html>. Acesso em: 10 ago. 2019.

BLACKBURN, F. **Sugar-cane**. New York: Longman, 1984. 414 p.

BROWN, R. H. The conservative nature of crop photosynthesis and the implications of carbon dioxide fixation pathways. In: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R.; PAULSEN, G. M. (Ed.). **Physiology and determination of crop yield**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1994. p. 211-219.

CARVALHO, H. W. L.; LEAL, M. de L. da S.; SANTOS, M. X. dos S.; CARDOSO, M. J.; MONTEIRO, A. A. T.; TABOSA, J. N. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 471-477, 2005.

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 FILHO, L. F. **Influência de épocas de colheita na produtividade de cultivares de mandioca (Manihot esculenta, Crantz), estabelecida em solo Podzólico Vermelho-Amarelo do Brejo Paraibano**. 1999. 64 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal - Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

CONAB. **Observatório agrícola**: acompanhamento da safra brasileira. V. 5 - SAFRA 2017/18 - N. 9. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/20861_fb79e3ca2b3184543c580cd4a4aa402b>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CRUZ, J. C.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R. (Ed.). **Cultivo do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 1). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 4 mai. 2020.

CRUZ, S. C.; PEREIRA, F. R. da S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W. de; PEREIRA, R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 12, p. 62-68, 2008.

CUNHA, G. A. P. da; REINHARDT, D. H.; ALMEIDA, O. Á. de; SOUZA, L. F. da S. Abacaxi. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos Cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, v. 1, p. 17-32, 2009.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1996. 204 p.

EVANS, H. The root-system of the sugar-cane: II. Some typical root-systems. **Empire Journal of Experimental Agriculture**, v. 4, p. 208-221, 1936.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; MATOS, R. M. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do estado da Paraíba**. Campina Grande, PB: EDUEFG, 2017. 75 p.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; GUIMARÃES, C. L.; MORAES NETO, J. M. Aptidão climática da mandioca (*Maniõth esculenta Crantz*) para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1651-1661, 2017.

GILBERT, R. A.; RAINBOLT, C. R.; MORRIS, D. R.; MCCRAY, J. M. Sugarcane growth and yield responses to a three-month summer flood. **Agricultural Water Management**, v. 95, n. 3, p. 283-291, 2008.

HARGREAVES, G. H. **Monthly precipitation probabilities for Northeast Brazil**. Logan: Utah State University, 1973. 423 p.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2018_v45_br_informativo.pdf>. Acesso em: 30 set. 2019.

IBGE. Produção Agrícola Municipal 2018. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Acesso em: 30 set. 2019.

IBGE. Gentílico Paraíba: população. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, v. 89, p. 107-122, 2004.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v. 92, p. 185-202, 2005.

JACOMINE, P. K. T.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; SILVA, A. P. da; MELO FILHO, H. F. R. de. I. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro, RJ: Equipe de Pedologia do Solo, 1972. 670 p. (BRASIL. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Boletim técnico, 15; BRASIL. Sudene-DRN. Pedologia, 8).

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. 1928. Wall-map 150 cm x 200 cm.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree physiology monograph** no. 1. Victoria: Heron Publishing, 1997. p. 1–29.

KREUZWIESER, J.; PAPADOPOULOU, E.; RENNENBERG, H. Interaction of flooding with carbon metabolism of forest trees. **Plant Biology**, v. 6, n. 3, p. 299–306, 2004.

LACERDA, J. T. de; CARVALHO, R. A.; OLIVEIRA, E. F. de; BARREIRO NETO, M. B. Cultivo do abacaxizeiro. In: FERREIRA, E. G.; LACERDA, J. T. de. (Org.). **Sistemas de cultivo de mangaba e abacaxi e a produção integrada**. João Pessoa, PB: EMEPA, 2014. 84 p.

LANDAU, E. C.; MAGALHÃES, P. C.; GUIMARÃES, D. P. G. **Árvore do Conhecimento: Milho**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_17_168200511157.html#:~:text=O%20milho%20%C3%A9%20uma%20cultura,em%20torno%20de%20600%20mm>. Acesso em: 18 dez. 2019.

LEDERMAN, I. E.; BEZERRA, J. E. F.; TAVARES FILHO, J. J. **Cultura da abacaxizeiro**. Recife, PE: IPA, 2018. Disponível em: <<http://www.ipa.br/resp18.php#:~:text=QUANTO%20TEMPO%20LEVA%20DO%20PLANTIO,para%2014%20a%2015%20meses>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

LIMEIRA, R. C. **Variabilidade e tendência das chuvas no Estado da Paraíba**. 2008. 122 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

LIRA, A. M. de A.; MACIEL, G. A.; TABOSA, J. N.; ARAÚJO, M. R. A. de; SANTOS, J. P. O.; REITAS, E. V. de; ARCOVERDE, A. S. S. **Cultivo do milho (Zea Mays L.)**. Recife, PE: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 1983, 4 p. (IPA. Instruções técnicas, 6).

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

MARIN, F. R. **Árvore do Conhecimento**: Cana-de-Açúcar. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_10_711200516716.html>. Acesso em: 20 ago. 2019.

MARIN, F. R.; PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J. Cana-de-Açúcar. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009, v. 1, p. 111-128.

MASSEY, F. J. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. **Journal of American Statistical Association**, v. 46, p. 68-78, 1951.

MATTOS, P. L. P.; FARIAS, A. R. N.; FERREIRA FILHO, J. R. **Mandioca**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 179 p.

MELO, M. L. **Estudos dos espaços Nordestinos do sistema gado-policultura de uso dos recursos**. Recife, PE: SUDENE, 1980, 554 p. (SUDENE. Estudos Regionais).

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 as culturas permanentes, semi permanentes e anuais, com possibilidades de expansão na Amazônia. In: IPEAN. **Zoneamento agrícola da Amazônia**: 1ª aproximação. Belém, PA, 1972. p. 123-153. (IPEAN. Boletim técnico, 54).

NETAFIM BRASIL. Sugarcane crops. Disponível em: <<http://www.sugarcanecrops.com/p/climate/>>. Acesso em: 15 fev. 2012.

NIMER, E. **As novas classificações bioclimáticas e suas aplicações no Brasil**. In: Curso de Geografia para professores do Ensino Superior. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, IBGE, 1967. Rio de Janeiro, RJ. 222p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, RJ, 1989. 2ª ed., 422p.

NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. B. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Climanálise**. São José dos Campos, SP: INPE, 1986, 125 p.

NORONHA, A. C. S.; LEMOS, W. P.; FAZOLIN, M.; SANCHES, N.; GARCIA, M. V. B. Abacaxi. In: SILVA, N. M. da; ADAIME, R.; ZUCCHI, R. A. (Org.). **Pragas agrícolas e florestais na Amazônia**. 1ed. Brasília: Embrapa, 2016, p. 23-43.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia**. Porto Alegre, RS: Agropecuária, 2002. 190 p.

PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 327 p. (Embrapa. 500 Perguntas, 500 Respostas).

PEZESHKI, S. R. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany**, v. 46, n. 3, p. 299–312, 2001.

PY, C. **La piña tropical**. Barcelona: Editorial Blume, 1969. 278 p.

REINHARDT, D. H.; CUNHA, G. A. P. Manejo da floração. In: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. S.; CABRAL, J. R. S. **Abacaxi: produção- aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 41-45.

REYNOLDS, T. W.; WADDINGTON, S. R.; ANDERSON, C. L.; CHEW, A.; TRUE, Z.; CULLEN, A. Environmental impacts and constraints associated with the production of major food crops in Sub-Saharan Africa and South Asia. **Food Security**, v. 7, p. 795–822, 2015.

RIBEIRO, M. R.; HALSTEAD, E. H.; JONG, E. de. **Rendimento da cana-de-açúcar e propriedades dos solos da zona úmida costeira do Nordeste**. Recife, PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1992. p. 27-44.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Yowa State University, University Extension. 1986 (Special report, n. 48). Disponível em: <<http://publications.iowa.gov/18027/1/How%20a%20corn%20plant%20develops001.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2020.

RODRIGUES, J. D. **Apostila Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu, SP: UNESP, 1995. 101 p.

RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo_4ed/clima.htm>. Acesso em: 4 mar. 2020.

SANCHES, N. F.; MATOS, A. P. de. (Ed.). **Abacaxi: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 196 p. (Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).

SANS, L. M. A.; SANTOS, N. C. Resposta de cultivares de milho a variações climáticas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 37.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 21., 1992, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS: SAA, 1992.

SILVA, F. B. R.; SANTOS, J. C. P.; SILVA, A. B.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N.; PARAHYBA, R. B. V.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SOUSA NETO, N. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LOPES, O. F.; LUZ, L. R. P. P.; LEITE, A. P.; SOUZA, L. G. M. C.; SILVA, C. P.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. **Zoneamento agroecológico do estado de Pernambuco**. Recife, PE: Embrapa Solos – UEP Recife, 2001. 1 CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 35).

SMITH, D. M.; INMAN-BARBER, N. G.; THORBURN, P. J. **Growth and function of the sugarcane root system**. Australia: Elsevier, 2005. 18 p.

SOUZA, C. B. de; SILVA, B. B. da; AZEVEDO, P. V. de. Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 134-141, abr. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000200002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 28 set. 2020.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S. Clima e solo. In: MATTOS, P. L. P.; GOMES, J. C. **O cultivo da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. p.11-13. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 37).

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.; TAVARES FILHO, J. J.; 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, n. 2, p. 47-58, 2002.

TABOSA, J. N.; TAVARES, J. A.; REIS, O. V. dos; SIMPLÍCIO, J. B.; LIMA, J. M. P. de; CARVALHO, H. W. L. de; NASCIMENTO, M. M. A. do. Potencial do Sorgo Granífero em Pernambuco e no Rio Grande do Norte – Resultados obtidos com e sem irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2008, Londrina, PR. **Anais...** Londrina, PR: ABMS, 2008. 1 CD-ROM.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2004. 719 p.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1957. 311 p. (Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology, 10, 3).

TOPPA, E. V. B.; JADOSKI, C. J.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.). **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 3, n. 3, set./dez. 2010.

VAREJÃO-SILVA M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília, DF: INMET, 2001. 515 p.

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

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR, M. de J. N.; NIETZCHE, M. H.; SILVA, B. B. da. **Atlas Climatológico do Estado da Paraíba**. 2. ed. campina grande, PB: UFPB, 1987. 134 p.

ANEXOS

Anexo 1. Relação dos postos termopluviométricos utilizados na determinação da aptidão climática das culturas

Número	Município	Latitude (Graus e décimos)	Longitude	Tamanho da série (Anos)
1	Alagoa Grande	-7,05	-35,63	48
2	Alagoa Grande	-7,03	-35,63	23
3	Alagoa Nova	-7,07	-35,78	67
4	Alagoa Nova	-7,05	-35,75	19
5	Alagoinha	-6,97	-35,55	24
6	Araçagi	-6,83	-35,38	24
7	Areia	-6,97	-35,70	70
8	Areia	-6,98	-35,72	24
9	Aroeiras	-7,52	-35,68	24
10	Aroeiras	-7,55	-35,72	21
11	Aroeiras	-7,53	-35,82	22
12	Bananeiras	-6,77	-35,63	71
13	Belém	-6,70	-35,53	22
14	Borborema	-6,80	-35,60	20
15	Caiçara	-6,62	-35,47	24
16	Caiçara	-6,62	-35,47	24
17	Caldas Brandão	-7,10	-35,32	22
18	Cruz do Espírito Santo	-7,15	-35,08	34
19	Fagundes	-7,35	-35,80	26
20	Guarabira	-6,85	-35,48	43
21	Guarabira	-6,85	-35,50	20
22	Gurinhém	-7,13	-35,42	22
23	Ingá	-7,28	-35,62	75
24	Itabaiana	-7,33	-35,33	24
25	Itabaiana	-7,33	-35,33	67
26	Jacaraú	-6,62	-35,30	24
27	Juarez Távora	-7,17	-35,60	23
28	Mamanguape	-6,83	-35,12	23
29	Mamanguape	-6,83	-35,12	58
30	Mari	-7,05	-35,32	21
31	Massaranduba	-7,18	-35,73	20
32	Mataraca	-6,60	-35,05	23
33	Mogeiro	-7,30	-35,48	20
34	Mulungu	-7,03	-35,47	23
35	Mulungu	-7,03	-35,48	58
36	Natuba	-7,63	-35,55	21
37	Pedras de Fogo	-7,40	-35,12	23
38	Pilar	-7,12	-35,35	25
39	Pilar	-7,27	-35,28	45
40	Pilões	-6,87	-35,62	22
41	Pirpirituba	-6,78	-35,50	20
42	Rio Tinto	-6,82	-35,07	20

Continua...

Número	Município	Latitude (Graus e décimos)	Longitude	Tamanho da série (Anos)
43	Salgado de São Félix	-7,35	-35,43	21
44	Santa Rita	-7,13	-34,98	20
45	São Miguel de Taipu	-7,25	-35,20	21
46	Sapé	-7,10	-35,23	61
47	Sapé	-7,10	-35,22	23
48	Serraria	-6,82	-35,63	42
49	Serraria	-6,82	-35,63	20
50	Solânea	-6,77	-35,65	24
51	Santa Rita	-7,13	-34,98	65
52	Timbaúba, PE	-7,51	-35,31	76
53	Itabaiana	-7,00	-35,00	68
54	Canguareta, RN	-6,38	-35,11	77
55	Nova Cruz, RN	-6,46	-35,43	62
56	Pedro Velho, RN	-6,45	-35,23	46
57	Macaparana, PE	-7,55	-35,45	23
58	Capim *	-6,92	-35,17	-
59	Cuité de Mamanguape *	-6,92	-35,25	-
60	Curral de Cima *	-6,72	-35,27	-
61	Itapororoca *	-6,84	-35,26	-
62	Itatuba *	-7,38	-35,63	-
63	Juripiranga *	-7,37	-35,24	-
64	Lagoa de Dentro *	-6,66	-35,37	-
65	Mamanguape/ASPLAN *	-6,56	-35,14	-
66	São José dos Ramos *	-7,25	-35,37	-

* Postos pluviométricos utilizados apenas para consulta das médias climatológicas.