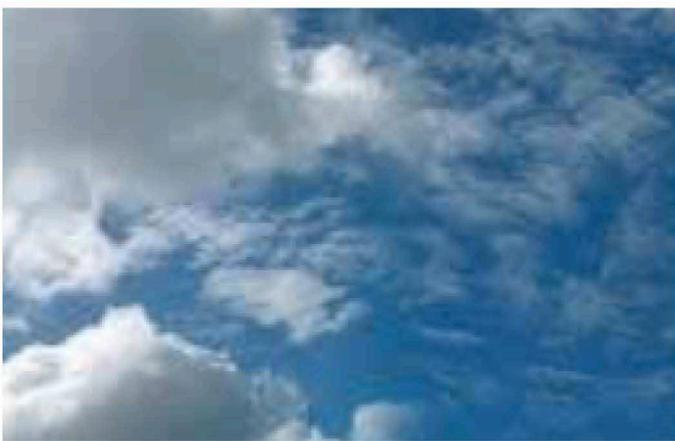


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
METEOROLOGIA**



**TESE DE DOUTORADO**

**Alexandre Magno Teodosio de Medeiros**

**Zoneamento de risco climático para a cultura do  
milho: Uma nova abordagem metodológica aplicada  
ao clima da Paraíba**

**Campina Grande, fevereiro de 2017**



Universidade Federal  
de Campina Grande

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

**TESE DE DOUTORADO**

**ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO PARA A CULTURA DO MILHO:  
UMA NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA APLICADA AO CLIMA DA  
PARAÍBA**

ALEXANDRE MAGNO TEODOSIO DE MEDEIROS

CAMPINA GRANDE – PB

2017

**ALEXANDRE MAGNO TEODOSIO DE MEDEIROS**

**ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO PARA A CULTURA DO MILHO:  
UMA NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA APLICADA AO CLIMA DA  
PARAÍBA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande,  
em cumprimento as exigências para a obtenção do título de  
Doutor em Meteorologia

Área de Concentração: Agrometeorologia e Micrometeorologia

Subárea: Climatologia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Costa dos Santos

CAMPINA GRANDE – PB

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M488z      Medeiros, Alexandre Magno Teodosio de.  
              Zoneamento de risco climático para a cultura do milho: uma nova  
              abordagem metodológica aplicada ao clima da Paraíba / Alexandre Magno  
              Teodosio de Medeiros. – Campina Grande, 2017.  
              114 f. : il. color.

              Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina  
              Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2017.  
              "Orientação: Prof. Dr. Carlos Antonio Costa dos Santos".  
              Referências.

              1. Precipitação Pluvial. 2. Risco Climático. 3. Balanço Hídrico.  
              4. Zoneamento Agrícola. I. Santos, Carlos Antonio Costa dos. II. Título.

CDU 551.578.1(043)

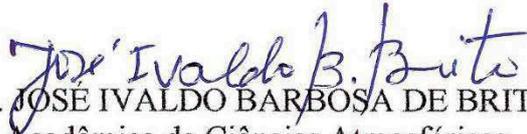
ALEXANDRE MAGNO TEODOSIO DE MEDEIROS

ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO PARA A CULTURA DO MILHO: UMA  
NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA APLICADA AO CLIMA DA PARAÍBA

TESE APROVADA EM 22/02/2017

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. CARLOS ANTONIO COSTA DOS SANTOS  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande

  
Prof. Dr. JOSÉ IVALDO BARBOSA DE BRITO  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande

  
Prof. Dr. MANOEL FRANCISCO GOMES FILHO  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande

  
Prof. Dr. GUTTEMBERG DA SILVA SILVINO  
Departamento de Solos e Engenharia Rural  
Centro de Ciências Agrárias  
Universidade Federal da Paraíba

  
Prof. Dr. JOSÉ FIDELES FILHO  
Departamento de Física.  
Centro de Ciências e Tecnologia  
Universidade Estadual da Paraíba

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho,

A minha esposa Jusci e a meus filhos, Arthur Magno e Victor José, pelo amor que dedicam a mim e por toda a compreensão que tiveram pela minha ausência familiar ao longo da execução deste valoroso trabalho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que tem proporcionado a minha vida e de meus entes queridos e por todo apoio que tem demonstrado nas horas mais difíceis.

A meus pais, Rubens Barbosa de Medeiros e Maria do Céu Teodosio de Medeiros por me iniciarem nessa caminhada do saber e por tudo que me dedicam com muito amor e reconhecimento.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Antonio Costa dos Santos, por acreditar no meu trabalho, ajudar-me irrestritamente e ter compreensão de todos os meus problemas.

Aos professores da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas que me ajudaram a construir essa valorosa profissão, em especial ao Prof. Dr. Tantravahi Venkata Ramana Rao, que sempre esteve presente e foi essencial para o sucesso da minha vida acadêmica e profissional.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Atmosféricas, que sempre me auxiliaram, em particular a Divanete Cruz Rocha Farias, que ficou para sempre marcada sua dedicação e companheirismo e que hoje foi substituída pela, também competente Arilene de Almeida Lucena, que tem meus sinceros agradecimentos.

A Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, que no convívio com meus companheiros de trabalho, e verdadeiramente meus amigos, me apoiaram na execução deste trabalho, em especial ao Presidente Dr. João Fernandes da Silva e ao Diretor Dr. Porfírio Catão Cartaxo Loureiro, que me deram total apoio técnico e pessoal para elaboração e conclusão deste trabalho, reconhecendo a importância da evolução profissional.

Aos membros da banca examinadora, por sua compreensão e colaboração para o engrandecimento e conclusão deste trabalho.

Enfim, a todos que me apoiaram e ajudaram direta ou indiretamente, de todas as formas possíveis.



## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma nova abordagem metodológica para ser utilizada em associação aos resultados da técnica já consolidada do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC) adotada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, visando adequar os resultados do zoneamento tradicional a realidade do período chuvoso local, através da análise do balanço hídrico, procurando assim, minimizar, ainda mais o risco climático para a cultura do milho de sequeiro no Estado da Paraíba. Elaborou-se inicialmente o ZARC para a cultura do milho, com base na aplicação do modelo de balanço hídrico SARRAZON (Sistema de Análise Regional dos Riscos Agroclimáticos, Módulo Zoneamento) e que combinado com ferramentas de geoprocessamento, utilizou-se para identificar as áreas e os períodos de menor risco de quebra de rendimento e restrições hídricas. O Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA) foi adotado como critério de corte e definido como a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima (ETR/ETM) para valores entre 0,45 e 0,55, que definiram a aptidão agrícola. Foram utilizados dados de precipitação pluviométrica do período de 1961 a 2012 e dados de temperatura estimada, de 99 pontos no Estado da Paraíba, parâmetros do solo e da cultura do milho (capacidade de água disponível, duração dos ciclos e das fases fenológicas, coeficientes de cultura, etc) e que associados aos resultados do ISNA e às classes de riscos, foram utilizados para a geração dos resultados finais do zoneamento. Os resultados obtidos foram utilizados para delimitar as regiões com maior potencial agroclimático e determinar as épocas de semeadura que ofereçam menores riscos climáticos, assim, foi possível identificar as melhores datas de plantio, minimizando os riscos climáticos regionais. Por outro lado, desenvolveu-se uma nova abordagem metodológica, chamada de Zoneamento Climático Ajustado (ZOCLIMA), que baseada no balanço hídrico sequencial de Thornthwaite & Mather foi determinado os períodos de excedente, deficiência e reposição, e com os resultados gráficos do balanço, delimitou-se a área da reposição hídrica com a interseção do zero do período de excedente hídrico, criando um período delimitado e que foi considerado como o faixa temporal mais adequada à semeadura. Esse resultado foi utilizado como complementar e restritivo ao SARRAZON, filtrando as épocas de plantio já definidas com o indicado pelo ZOCLIMA, gerando assim um novo calendário indicativo do plantio do milho de sequeiro. O ZOCLIMA, apesar de ser mais restritivo, conseguiu filtrar os extremos extrapolantes dos resultados obtidos pelo SARRAZON, que indicava datas de plantio fora do período mais chuvoso da região, tanto no início, quanto no final da estação chuvosa e com isso reduziu o risco climático da perda ou quebra de safra do milho de sequeiro, principalmente por apresentar um período limitante mais seguro e a garantia de indicativo climatológico de umidade no solo e de também poder aplicar a metodologia individualmente para cada localidade, garantindo assim, um indicativo do período de semeadura dentro do período mais chuvoso de cada região, reduzindo deste modo, as perdas por estresse hídrico.

**Palavras-chave:** Zoneamento agrícola, Risco climático, Precipitação pluvial, Balanço hídrico

## ABSTRACT

The main objective of this study was to develop a new methodological approach to be used in association with the results of the already consolidated technique of Agricultural Zoning of Climate Risks (ZARC) adopted by the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply – MAPA, aiming to adapt the results of the traditional zoning to regional rainy season, through the analysis of the local water balance, trying to minimize even more the climatic risk for the corn crop in the state of Paraíba. The ZARC was initially developed for the maize crop, based on the application of the SARRAZON (System of Regional Analysis of Agroclimatic Risks, Zoning Module) water balance model and, combined with geoprocessing tools, was used to identify the areas and periods with the lowest risk of yield loss and water restrictions. The Water Need Satisfaction Index (ISNA) was adopted as a cutoff criterion and was defined as the relation between actual evapotranspiration and maximum evapotranspiration ( $ETR / ETM$ ) for values between 0.45 and 0.55, which defined the fitness agricultural. Rainfall data from 1961 to 2012 and estimated temperature data for 99 points in the State of Paraíba, soil and maize parameters (available water capacity, duration of cycles and phenological phases, coefficients of culture, etc.) and associated with ISNA results and risk classes, were used to generate the final zoning results. The results obtained were used to delineate the regions with the greatest agroclimatic potential and to determine the sowing times that offer lower climatic risks, thus, it was possible to identify the best planting dates, minimizing the regional climatic risks. On the other hand, a new methodological approach was developed, called Adjusted Climatic Zoning (ZOCLIMA), which based on the Thornthwaite & Mather sequential water balance was determined the periods of surplus, deficiency and replacement, and the graphical results of the balance sheet, the area of the water replenishment was delimited with the intersection of zero of the water surplus period, creating a delimited period and that was considered as the most suitable temporal range to sowing. This result was used as complementary and restrictive to SARRAZON, filtering the planting times already defined with the indicated by ZOCLIMA, generating a new indicative calendar of the plantation of the dry corn. ZOCLIMA, although more restrictive, was able to filter the extrapolating extremes of the results obtained by SARRAZON, which indicated dates of planting outside the rainy season in the region, both at the beginning and at the end of the rainy season, reducing the climatic risk of the loss or crop failure of rainfed maize, mainly because it presents a more secure limiting period and the guarantee of a climatologic indication of humidity in the soil and also to be able to apply the methodology individually for each locality, thus guaranteeing an indicative of the sowing period within the wettest period of each region, thus reducing water stress losses.

**Keywords:** Agricultural zoning, Climate risk, Rainfall, Water balance

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

BACEN – Banco Central do Brasil

CAD – Capacidade de Água Disponível

CMN – Conselho Monetário Nacional

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETM – Evapotranspiração Máxima

ETo – Evapotranspiração de Referência

ETP – Evapotranspiração Potencial

ETR – Evapotranspiração Real

ISNA – Índice de Satisfação da Necessidade de Água

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

NEB – Nordeste do Brasil

PROAGRO – Programa de Garantia da Atividade Agropecuária

SARRA – Sistema de Análise Regionais dos Riscos Agroclimáticos

SARRABIO – Módulo do SARRA para balanço hídrico

SARRAMET – Módulo do SARRA para digitação dos dados

SARRAZON – Módulo do SARRA que realiza o balanço hídrico e calcula os ISNA's

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas

VCAN – Vórtice ciclônico de Altos Níveis.

ZCAS – Zona de convergência do Atlântico Sul

ZCIT – Zona de convergência intertropical

ZOCLIMA - Zoneamento Climático Ajustado

ZARC – Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Precipitação média anual da Paraíba.....	24
Figuras 02 a 13 - Representativas a distribuição da precipitação pluviométrica média mensal no Estado da Paraíba no período de janeiro a dezembro.....	26
Figura 14 - Exportações brasileiras do milho.....	35
Figura 15 - Região Nordeste do Brasil, com ênfase para o Estado da Paraíba .....	37
Figura 16 - Visualização espacial dos 99 postos pluviométricos e de temperatura estimada no estado da Paraíba .....	39
Figura 17 - Fluxograma da metodologia de estimativa do balanço hídrico SARRAZON .....	46
Figura 18 – Microrregiões do Estado da Paraíba.....	49
Figura 19 – Exemplo da nova metodologia do ZOCLIMA.....	51
Figura 20 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Cajazeiras .....	59
Figura 21 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Sousa.....	60
Figura 22 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Itaporanga .....	61
Figura 23 – Resultado do ZOCLIMA para o município de São José de Princesa .....	62
Figura 24 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Emas .....	63
Figura 25 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Riacho dos Cavalos .....	64
Figura 26 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Patos .....	65
Figura 27 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Várzea .....	66
Figura 28 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Monteiro .....	67
Figura 29 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Alcantil .....	69
Figura 30 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Campina Grande .....	69
Figura 31 – Resultado do ZOCLIMA para o município de São Sebastião de Lago de Roça .....	70
Figura 32 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Alagoa Nova .....	71

Figura 33 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Natuba .....	73
Figura 34 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Dona Inês .....	74
Figura 35 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Arara.....	75
Figura 36 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Guarabira .....	76
Figura 37 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Gurinhém.....	77
Figura 38 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Mamanguape .....	78
Figura 39 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Sapé .....	79
Figura 40 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Pedras de Fogo.....	80
Figuras de 41 a 57, representativas aos resultados do ciclo precoce – solo textura média - solo tipo 2.....	96
Figuras de 58 a 75, representativas aos resultados do ciclo precoce – solo textura argilosa - solo tipo 3.....	99
Figuras de 76 a 90, representativas aos resultados do ciclo médio – solo textura média - solo tipo 2.....	102
Figuras de 91 a 108, representativas aos resultados do ciclo médio – solo textura argilosa - solo tipo 3.....	105
Figuras de 109 a 125, representativas aos resultados do ciclo tardio – solo textura média - solo tipo 2 .....	108
Figuras de 126 a 143, representativas aos resultados do ciclo tardio – solo textura argilosa - solo tipo 3 .....	111

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Produção de milho .....	35
Quadro 02 – Ciclo da cultura das fases fenológicas do milho .....	42
Quadro 03 - Períodos de Plantio (Decêndios) .....	42
Quadro 04 – Coeficientes da cultura (Kc) .....	43
Quadro 05 - Microrregião e municípios exemplos escolhidos .....	50
Quadro de 06 – Datas aptas para o plantio (decêndios) – SARRAZON .....	53
Quadro 07 – Datas aptas para o plantio - Município de Cajazeiras .....	59
Quadro 08 – Datas aptas para o plantio - Município de Sousa .....	60
Quadro 09 – Datas aptas para o plantio - Município de Itaporanga .....	61
Quadro 10 – Datas aptas para o plantio - Município de São José de Princesa .....	62
Quadro 11 – Datas aptas para o plantio - Município de Emas .....	63
Quadro 12 – Datas aptas para o plantio - Município de Riacho dos Cavalos .....	64
Quadro 13 – Datas aptas para o plantio - Município de Patos .....	65
Quadro 14 – Datas aptas para o plantio - Município de Várzea .....	66
Quadro 15 – Datas aptas para o plantio - Município de Monteiro .....	68
Quadro 16 – Datas aptas para o plantio - Município de Alcantil .....	69
Quadro 17 – Datas aptas para o plantio - Município de Campina Grande .....	70
Quadro 18 – Datas aptas para o plantio - Município de São Sebastião de Lagoa de Roça .....	71
Quadro 19 – Datas aptas para o plantio - Município de Alagoa Nova .....	72
Quadro 20 – Datas aptas para o plantio - Município de Natuba .....	73
Quadro 21 – Datas aptas para o plantio - Município de Dona Inês .....	74
Quadro 22 – Datas aptas para o plantio - Município de Arara .....	75

Quadro 23 – Datas aptas para o plantio - Município de Guarabira .....	76
Quadro 24 – Datas aptas para o plantio - Município de Gurinhém .....	77
Quadro 25 – Datas aptas para o plantio - Município de Mamanguape .....	78
Quadro 26 – Datas aptas para o plantio - Município de Sapé .....	79
Quadro 27 – Datas aptas para o plantio - Município de Pedras de Fogo .....	80
Quadro 28 - Estações utilizadas no estudo .....	93

## SUMÁRIO

**RESUMO**

**ABSTRACT**

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE QUADROS**

<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 - PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA .....	18
<b>2 - OBJETIVOS .....</b>	<b>21</b>
2.1 - OBJETIVO GERAL .....	21
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
<b>3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>22</b>
3.1 - ASPECTOS RELEVANTES SOBRE O ZONEAMENTO DE RISCOS CLIMÁTICOS .....	22
3.2 - REGIME PLUVIOMÉTRICO .....	24
3.3 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO. ....	28
3.4 - ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ÁGUA - ISNA. ....	30
3.5 - A CULTURA DO MILHO .....	32
3.6 - A PRODUÇÃO DE MILHO NO BRASIL.....	34
<b>4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
4.1 - ÁREA DE ESTUDO.....	36
4.2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA.....	37
4.2.1 - Caracterização climática para a cultura do milho .....	38
4.3 - DADOS UTILIZADOS.....	39
4.3.1 - Precipitação Pluviométrica.....	39
4.3.2 - Temperatura.....	40
4.3.3 - Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> ).....	40
4.3.4 – Capacidade de água disponível (CAD).....	40
4.3.5 - Ciclo e duração das fases fenológicas .....	41

4.3.6 - Períodos de Plantio - Períodos de Semeadura .....	42
4.3.7 – Coeficientes de Cultura (Kc) .....	42
4.4 - PEDOLOGIA.....	43
4.5 – ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO.....	44
4.6 – GEOPROCESSAMENTO E ESPACIALIZAÇÃO.....	47
4.7 – NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA - ZOCLIMA. ....	47
<b>5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>52</b>
5.1 - ZONEAMENTO DE RISCOS CLIMÁTICOS, UTILIZANDO O MÉTODO SARRAZON .....	52
5.2 - NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA - ZOCLIMA .....	57
<b>6 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>82</b>
<b>7 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>84</b>
<b>8 - ANEXOS .....</b>	<b>93</b>

## 1 - INTRODUÇÃO

O Estado da Paraíba, localizado no setor leste da região Nordeste do Brasil (NEB), tem as menores disponibilidades de água per capita do país e precipitação média na região semiárida que pode se restringir a 350,0 mm anuais e um clima que se caracteriza pela irregularidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica, ocasionando desastres climáticos tais como, secas e veranicos e afetam a vida de grande parte da população, em virtude dos impactos causados ano a ano pelos prolongados períodos de estiagem.

Dentre os maiores impactos na região semiárida, a agricultura, é a que apresenta maior dependência e influência das condições ambientais, especialmente as climáticas. Dessa forma, a grande variabilidade e irregularidade interanual dos principais componentes climáticos, torna a prática agrícola como uma atividade de alto risco.

Segundo Arai et al. (2009), a precipitação pluviométrica possui significativa importância na caracterização do clima de regiões tropicais, interferindo diretamente no rendimento das culturas, aumentando, conseqüentemente, os riscos no desenvolvimento das práticas agrícolas.

A falta de água, de forma regular, para as práticas agrícolas, ocasiona limitações ao seu desenvolvimento e traz impactos negativos diretos a produção agrícola em todo o mundo, principalmente em regiões, onde a escassez de água é um fator constante e preponderante, como no semiárido do NEB.

Estas condições desfavoráveis atingem praticamente todo o estado da Paraíba, de forma quantitativa, uma parte significativa do Estado tem um balanço hídrico deficitário e sob o aspecto qualitativo, a situação na maior parte do território também é crítica, com grande variabilidade ao longo de toda a estação chuvosa.

Sua produção agrícola, restringe-se em muitos municípios a plantios de subsistência, dentre as culturas mais exploradas o milho e feijão, que cultivadas em regime de sequeiro, durante muitos anos, tem trazido o sustento de boa parte das famílias rurais paraibanas.

Dentre estas cultivares, o milho, com seu alto valor energético, faz parte das culturas mais produzidas no Brasil e tem no NEB, a variabilidade climática, o grande fator de risco para a atividade e produtividade agrícola, contribuindo definitivamente para impactos indesejáveis no desenvolvimento pleno dessa cultura ou de outras que dependam exclusivamente do plantio em prática de sequeiro, gerando uma grande fonte de riscos para o

agronegócio, principalmente para os órgãos financiadores do desenvolvimento agrícola deste país.

O Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC) assim se constitui, numa poderosa ferramenta na construção do processo de tomada de decisão, permitindo, a partir das análises das variabilidades climáticas da região e de sua espacialização local, a delimitação de regiões com diferentes aptidões ao plantio e com menor risco de perda.

Na execução do zoneamento agrícola de risco climático da cultura deve-se avaliar parâmetros climáticos e fisiológicos que afetam as plantas, tais como: coeficiente da cultura, evapotranspiração potencial, precipitação, radiação solar, temperatura, disponibilidade de água no solo, ciclo e fase fenológica da cultura.

Assim, este trabalho tem como objetivo, utilizando o Sistema de Análise Regional dos Riscos Agroclimáticos (SARRAZON), que é um modelo agrometeorológico desenvolvido por BARON et al. (1996), delimitar os municípios do Estado do Paraíba com menor risco climático para o cultivo do milho de sequeiro, para os diferentes tipos de solos da região, estabelecendo os períodos mais favoráveis à sementeira, de acordo com a duração do ciclo, as capacidades de armazenamento de água no solo e sua demanda hídrica.

E como objetivo principal desenvolver uma nova abordagem metodológica, definida como ZOCLIMA (ZOneamento CLIMático Ajustado), que permita refinar os resultados dos períodos de plantio indicados no SARRAZON, delimitando-os numa abordagem mais segura, com indicativos de períodos mais coerentes com a realidade do período chuvoso de cada município estudado.

Com estes resultados, deve-se ter o indicativo da redução das perdas de forma mais refinada e em consequência dos efeitos estabelecidos orientarão o agricultor para utilização de períodos mais favoráveis ao plantio e locais de menor riscos climáticos.

Nessa perspectiva, justifica-se a importância do estudo, sobre o aprimoramento da aplicabilidade do método de zoneamento de risco climático, para o estado da Paraíba, visto que a variabilidade da chuva na região, limita as condições e épocas mais adequadas para o plantio de sequeiro no estado. Assim, o modelo de balanço hídrico do SARRAZON não consegue delimitar de forma mais adequada os períodos aptos ao plantio, dando indicativos de datas aptas ao plantio em período fora do período mais chuvoso da região e a proposta do ZOCLIMA fará a devida adequação ao período mais úmido da região.

## 1.1 - PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA

No estado da Paraíba, em muitos municípios a prática agrícola representa uma atividade de subsistência e que possui um grande apelo a dependência da regularidade das chuvas, o que normalmente não ocorre na região Nordeste do Brasil. Assim, esta atividade é altamente dependente das variáveis climáticas, principalmente do fator precipitação pluviométrica, dentre outras, tais como a radiação solar, temperatura e umidade.

A variabilidade climática presente no NEB, dentro da estação chuvosa, produz consequências diretas no desenvolvimento das práticas agrícolas, na produtividade e prejudicam o manejo regular das culturas. Com isso impactos socioeconômicos são produzidos de forma direta na renda do produtor rural.

Na Paraíba a cultura do milho como produto de consumo alimentar apresenta grande importância, tanto financeira, quanto cultural, onde é utilizada como alternativa de exploração econômica das pequenas propriedades e como atividade de ocupação da mão de obra agrícola familiar. O Estado possui cerca de 52% da área colhida com milho localizada em propriedades menores que 20 hectares. O milho gera emprego e renda principalmente, na agricultura familiar e se adaptada, com relativa produtividade aos variados tipos de solo e clima do estado (CONAB, 2014).

Não se pode deixar de relevar a importância cultural desse cultivo para o Estado, presente na mesa dos paraibanos, o milho é um dos alimentos mais nutritivos que existem e faz parte da dieta diária, principalmente no café da manhã quando é servido o cuscuz, porém é no mês de junho que é a época dos festejos juninos, que se pode verificar através da culinária regional largamente difundida, em forma de pratos como, pamonha, canjica, milho cozido e toda uma gama de produtos de caráter histórico e cultural, além de estar presente em todas as propriedades agrícolas para fins de alimentação animal (FERNANDES, 2011).

Apesar dos grandes avanços da agricultura moderna a produtividade média da cultura no NEB, ainda é considerada baixa por consequências de práticas ineficientes de manejo e políticas agrícolas que não atendem ao agricultor nordestino de forma satisfatória, onde o risco de perda por ação do clima é o fator que causa maior impacto na atividade agrícola.

Não obstante da existência da técnica de zoneamento de risco agrícola, tornaram-se necessários estudos visando aprimorar os conhecimentos sobre suas implicações e aplicabilidades práticas, melhorando os resultados sobre as épocas de cultivo dentro dos períodos recomendados.

Estas técnicas aplicadas de forma adequadas e adaptadas a cada região específica, podem minimizar o risco de perda ou quebra da produtividade, assim, para alcançar produtividades satisfatórias, em cultivos de sequeiro, dentre outras medidas, pode-se adotar para o plantio, a técnica do zoneamento agrícola de risco climático, que tem como principal objetivo identificar as regiões e épocas mais aptas ao cultivo.

Deste modo, o manejo adequado e o conhecimento prévio das condições climáticas e agrícolas minimizariam os prejuízos e conseqüentemente a redução das perdas de produção e diretamente a produtividade.

O zoneamento agrícola de riscos resultante configura-se, assim, em um programa que busca reduzir as perdas relacionadas aos riscos climáticos mais recorrentes, aos manejos temporais inadequados e que podem afetar o rendimento da agricultura. Dessa forma, com métodos adequados se pretende tornar a agricultura uma atividade mais regular e racional, sendo atrativa aos investimentos, inclusive do mercado financeiro.

Temos também sua importância, que pelas diretrizes da Política Nacional de Mudança do Clima, na Lei 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (BRASIL, 2009), o zoneamento agrícola de risco climático é uma medida de adaptação das práticas agrícolas, que se apresenta como ferramenta para minimizar os riscos agrônômicos e, como orientador do instrumento de financiamento, também ajuda aos produtores no seu planejamento, indicando qual cultivar mais apto a região e quando plantar, minimizando perdas por risco climático (FAVILLA, 2015).

Nestas condições, o zoneamento de riscos climáticos apresenta-se como uma importante forma para identificar, quantificar e mapear as áreas mais favoráveis ao plantio de sequeiro, além de regulamentar a época mais favorável ao plantio para que haja uma redução dos riscos climáticos para a agricultura e conseqüente diminuição das perdas para os agricultores.

Além disso, com os resultados do zoneamento gerados para a cultura do milho, no estado da Paraíba, busca-se adaptar os resultados do zoneamento de risco, com a nova abordagem metodológica do ajuste de datas (ZOCLIMA), baseado na análise do período mais chuvoso da região, reduzindo assim, o risco de perda por impactos climáticos causados por uma maior irregularidade das chuvas, no início e fim da estação chuvosa.

Assim, com a execução desta nova abordagem metodológica, espera-se colaborar para a sinalização de mais segurança para o plantio de sequeiro e contribuir para a Política Nacional de Segurança Agrícola por melhores respostas para o zoneamento agrícola de risco

climático, o que reformaria a relação direta custo benefício dos meios de financiamento, a exemplo do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO).

A nova abordagem, quando aplicada de forma complementar, passará a expandir os conceitos do zoneamento que na metodologia tradicional tem como fator crítico a fase de floração e enchimento de grãos, e agregaria os efeitos climáticos locais de grande importância, tais como os pontos críticos do início e fim do período chuvoso, avaliando, através do balanço hídrico climatológico, os ciclos anuais de Evapotranspiração Potencial (ETP) analisando de forma evolutiva a deficiência, reposição e excedente de água no solo, dando uma expansão maior a análise, com destaque a impactos nas fases de desenvolvimento inicial, floração e enchimento de grãos, permitindo diminuir ainda mais o risco de perda por influência direta do estresse hídrico.

O novo modelo proposto, passa a considerar como fator limitante não apenas a questão do balanço hídrico proposto pelo SARRAZON, na determinação dos resultados do ZARC, mas em especial, o regime de precipitações pluviométricas de cada município, através do balanço hídrico climatológico, que permite avaliar a quantidade de água no solo que pode estar disponível às plantas, além de indicar períodos muito úmidos ou secos, dentro de um determinado espaço de tempo (TREMOCOLDI & BRUNINI, 2008), ou seja, dando indicativos deste período mais favorável da estação chuvosa de cada localidade em estudo.

Justifica-se então, a proposta desta nova metodologia, chamada de ZOCLIMA, devido ao fato de os órgãos executores, serem criticados por avaliarem, como decisivo, o balanço hídrico, prioritariamente, apenas em uma fase em conjunto, a de floração e enchimento de grãos. Para melhores resultados e menores riscos, torna-se necessário, a avaliação em três fases, tanto no desenvolvimento inicial, quanto na floração e enchimento de grãos, além de restringir o final do período chuvoso, onde a depender da data proposta no zoneamento tradicional, pode não garantir umidade suficiente para a planta completar todo seu ciclo fenológico e produzir de forma satisfatória, garantindo assim a produtividade adequada para o tipo de cultivar proposto.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é através da técnica do Zoneamento de Riscos Climáticos, determinar as áreas mais propícias e as melhores épocas de plantio para a cultura do milho, em regime de sequeiro, e propor uma nova abordagem metodológica que vise uma maior redução dos riscos, levando em consideração à realidade específica do período chuvoso do Estado da Paraíba.

### **2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Gerar o zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho de sequeiro;
- Obter as datas e áreas mais favoráveis para o plantio do milho no Estado da Paraíba;
- Criar uma nova abordagem metodológica de adequação do calendário agrícola zoneado, a realidade climática do período chuvoso para o Estado da Paraíba, procurando minimizar as perdas, principalmente no início e fim da estação chuvosa.

### 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 - ASPECTOS RELEVANTES SOBRE O ZONEAMENTO DE RISCOS CLIMÁTICOS

Para bom desenvolvimento das práticas agrícolas, o agricultor tem a necessidade de informações prévias sobre as melhores condições ambientais e técnicas para auxiliar o manejo do plantio, seja para aumentar a produtividade ou mesmo para manter a sua capacidade produtiva dentro dos limites do comprometimento econômico e dos riscos aceitáveis de quebra de produtividade e perda.

Nessa premissa, os estudos de zoneamentos são instrumentos técnicos que tornam indispensáveis à agregação contínua de informações que subsidiem o agricultor e prioritariamente, eles devem agregar tantos os dados técnicos sobre seus elementos quanto atender a demanda social que se faz deles (BIUDES, 2005).

No atual contexto econômico e produtivo é preciso harmonizar a atividade agrícola com as preocupações por um uso mais racional dos recursos ambientais e dos elementos naturais da região, evitando assim, usos equivocados e desperdícios desnecessários e que prejudiquem o ambiente ou inviabilize a produção.

De modo que tenhamos técnicas de diminuição dos riscos climáticos e a redução das perdas, torna-se assim, imprescindível quantificar, identificar e mapear as áreas mais favoráveis ao plantio, aplicada as culturas de sequeiro, levando-se em conta a oferta hidroclimática e, mais notadamente, o estudo da chuva sobre a região (ASSAD et al., 2004; ASSAD et al., 2005).

De acordo com ANDRADE JÚNIOR et al (2007), o zoneamento agrícola de risco climático define regiões climáticas favoráveis para o cultivo agrícola, a partir do conhecimento das épocas adequadas de semeadura e das variabilidades do clima local (precipitação, evapotranspiração) e, como forma de reduzir os efeitos causados pela variabilidade das chuvas e de sua espacialização regional, por meio de sistema de informação geográfica (SIG).

Então progressivamente, em virtude das adversidades climáticas e da sua interferência sobre a produção e produtividade agrícola é que instituições oficiais passaram a desenvolver e aplicar mecanismos, que permitissem uma maior segurança agrícola e melhor planejamento das datas mais adequadas de plantio e os cultivares mais adequados para cada região.

De acordo com KELLER (1998), a quantificação dos riscos climáticos deve ser busca constante de modo a estabelecer probabilidades para a resolução de índices de possibilidades de sucesso no plantio e desenvolvimento de diversas culturas em cada região e, assim, determinar a melhor época de semeadura, principalmente no que se refere à influência direta da precipitação pluvial.

Dallacort et al. (2006), considera que para fins de estimativa da produtividade, os modelos agroclimatológicos mais importantes são aqueles que simulam a disponibilidade de umidade no solo, as fases de desenvolvimento e de maturação das culturas e os efeitos do estresse hídrico no rendimento da cultura.

O zoneamento agrícola pode ser empregado não somente para a delimitação de áreas aptas, marginais ou inaptas às culturas, mas também para o estabelecimento das melhores épocas de plantio, com base em informações probabilísticas (ALFONSI et al., 1995), do risco climático associado aos impactos do déficit hídrico nas culturas (FARIAS et al., 2001).

Segundo Assad et al. (2001), o programa de zoneamento agrícola de riscos climáticos desenvolvido no Brasil passou a orientar os produtores quanto aos tipos de cultivares a serem plantados em cada região e quanto às épocas de plantio mais favoráveis.

A aplicação oficial do zoneamento agrícola de risco climático do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, para fins de custeio agrícola no PROAGRO (Programa de Garantia da Atividade Agropecuária), foi a partir da resolução nº 2.422/1997 do Banco Central do Brasil, conforme determinação do Conselho Monetário Nacional, que permitiu a aplicação como metodologia para a redução das perdas nas lavouras e, conseqüentemente, para balizar as indenizações do programa, por efeitos climáticos adversos e dar acesso ao crédito rural e adesão ao PROAGRO com tarifas diferenciadas (CUNHA e ASSAD, 2001).

Assim, consolidou-se a metodologia do ZARC para a agricultura como uma ferramenta utilizada atualmente como política pública de governo e balizador do crédito agrícola, com isso, proveu-se a racionalização do uso de recursos para financiamento do plantio e do seguro agrícola.

Na realidade, o zoneamento visa garantir a probabilidade de sucesso de colheita, maior ou igual a 80%, orientando o que plantar, onde plantar e quando plantar, minimizando o risco predominantemente climático que a produção agrícola possa ser influenciada em termos de impactos climatológicos.

O programa de zoneamento de riscos climáticos adotado pelo MAPA, tem uma variedade de informações que ao ser organizadas e espacializadas se combinam em torno de um modelo de balanço hídrico. Dada sua importância alcançada, o zoneamento de risco climático vem sendo empregado por bancos e seguradoras, para subsidiar as ações de financiamento e seguro agrícolas (ROSSETTI, 2001).

Vale explicitar, que o zoneamento de risco climático apresenta as áreas favoráveis ao plantio, e não áreas de aptidão agrícola, pois nem todas as áreas favoráveis são aptas ao cultivo; além da disponibilidade hídrica, outros fatores devem ser analisados para avaliar sua viabilidade de manejo de um determinado cultivar de obter sucesso satisfatório em uma dada região (FARIAS et al, 2007)

### 3.2 – REGIME PLUVIOMÉTRICO

No Nordeste do Brasil, a variável precipitação pluviométrica é um parâmetro meteorológico altamente incerto no tempo e no espaço, e também na quantidade e qualidade, mas é uma das mais importantes e que causa mais impactos na agricultura. No estado da Paraíba, essas características são observadas de maneira marcante, com regiões que apresentam precipitação média acumulada inferior a 350 mm ao ano, a exemplo da região do Cariri paraibano (região central da Paraíba), e outras com totais superiores a 1700 mm anuais no Litoral paraibano (MENEZES, 2006), Figura 01.

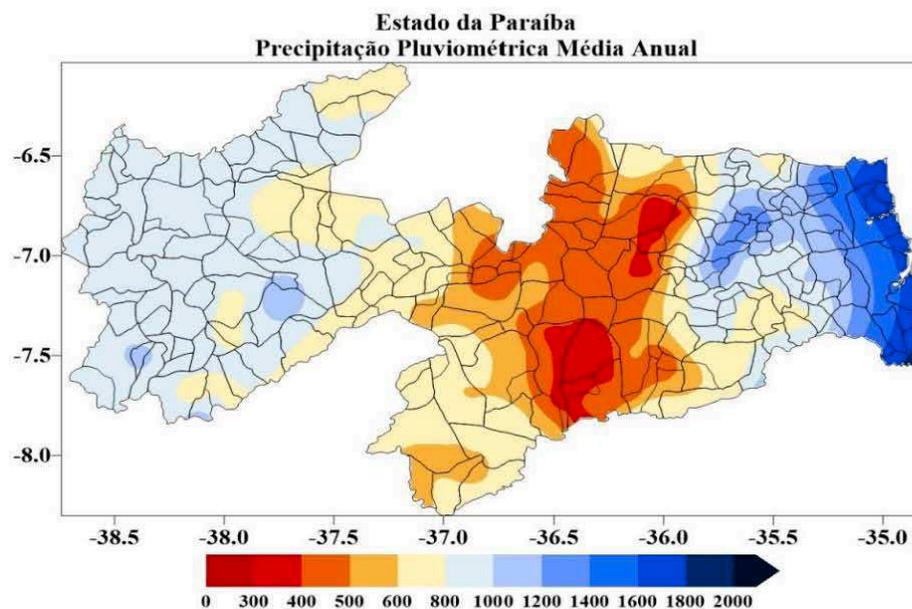


Figura 01 – Precipitação média anual da Paraíba, adaptado de AESA, 2010.

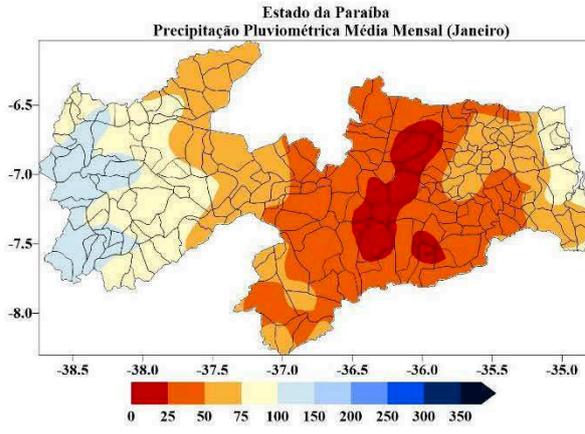
A acentuada variabilidade interanual da pluviometria, relacionada aos baixos totais anuais pluviométricos, sobre a região Nordeste do Brasil, é um dos principais fatores para a ocorrência dos eventos de “secas”, as quais são caracterizadas, principalmente, por acentuada redução do total pluviométrico sazonal. O déficit hídrico ou a deficiente distribuição das chuvas, podem ocasionar grandes frustrações de safras e déficits nos acúmulos de águas nos reservatórios.

A Paraíba possui 86,2 % do seu território na região semiárida (OLIVEIRA, 2014), que predominantemente, correspondem as regiões do Alto Sertão, Sertão, Cariri e Curimataú e que desta forma é afetada por essa grande variabilidade climática, sendo recorrente a longas e graves secas.

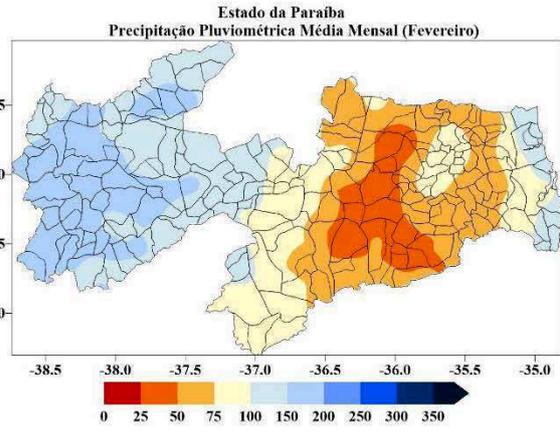
Em termos de regime pluviométrico, a Paraíba possui basicamente dois períodos chuvosos, que de forma intercalados e atuam no estado em período distintos, tais períodos, podem ser divididos em Quadra 1, que compreende os meses de fevereiro a maio e influência principalmente as regiões do Alto Sertão, Sertão, Cariri e Curimataú (setor centro oeste do estado), e Quadra 2, que corresponde ao período de abril a julho sobre as regiões do Litoral, Brejo e Agreste (setor leste do estado). Além dos períodos já mencionados, também merecem relevância na Paraíba, as chuvas observadas durante o mês de janeiro, pré-estação e que se iniciam com maior relevância sobre a região do Alto Sertão e gradativamente vão se deslocando para leste (AESAs, 2010).

Climatologicamente, as chuvas sobre o semiárido paraibano apresentam-se com melhor distribuição temporal e espacial a partir do mês de fevereiro, quando o sistema meteorológico, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema meteorológico gerador de chuvas no NEB, passa a atuar com maior ênfase. No período de fevereiro e maio, os valores médios históricos oscilam em torno 620 mm nas microrregiões do Sertão e Alto-sertão, e 360 mm no Cariri e Curimataú. O regime pluviométrico no Estado da Paraíba é caracterizado por apresentar alta variabilidade espacial e temporal das chuvas, sendo de fundamental importância o monitoramento contínuo das condições atmosféricas sobre o estado e dos fatores globais condicionantes da precipitação (AESAs, 2010).

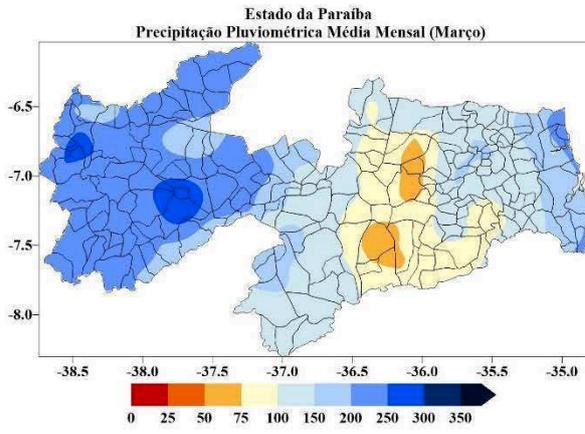
As Figuras de 02 a 13, representativa da média mensal histórica, mostram a variabilidade mensal da precipitação pluviométrica no estado da Paraíba.



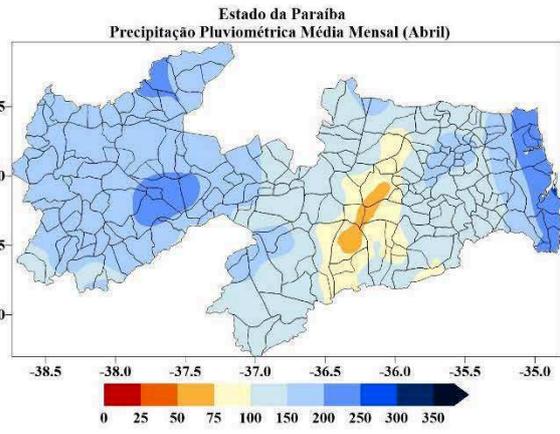
(02)



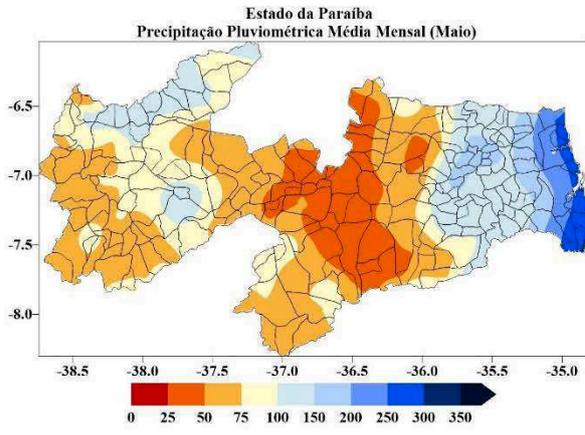
(03)



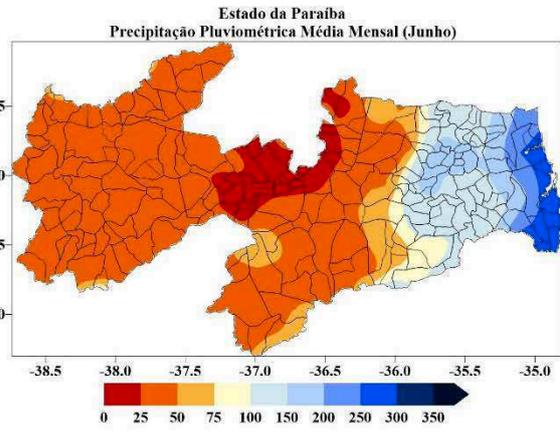
(04)



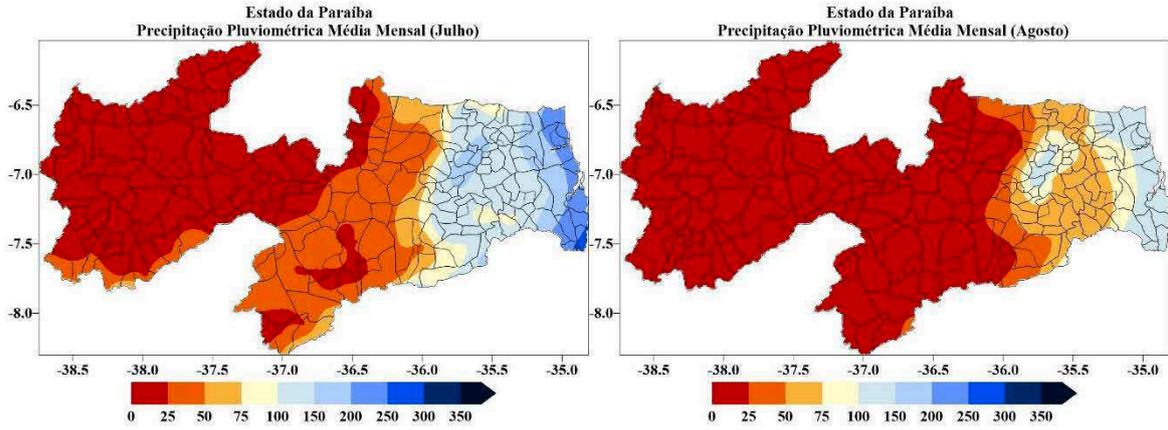
(05)



(06)

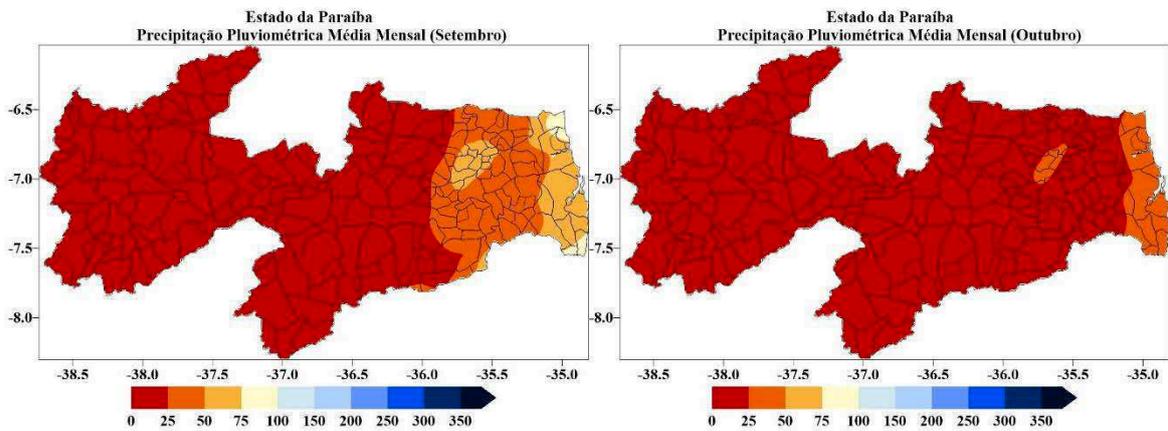


(07)



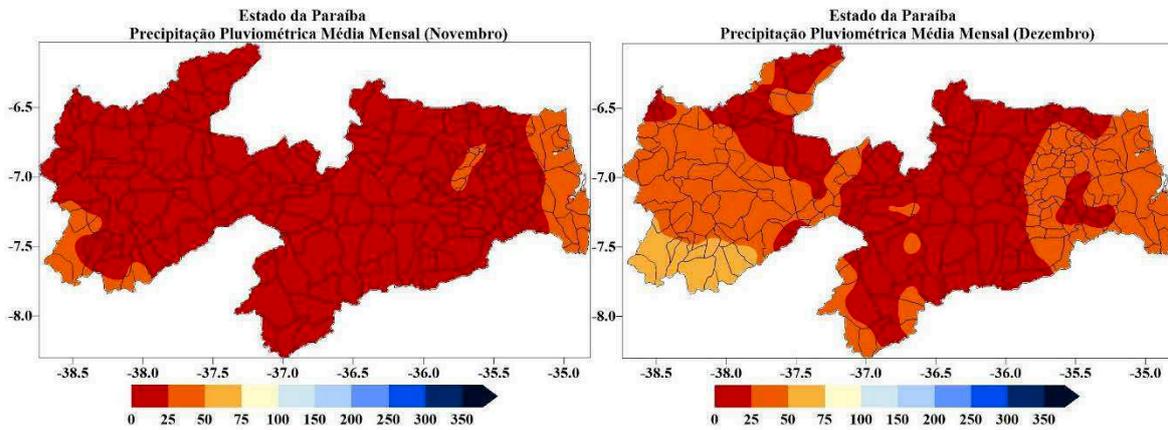
(08)

(09)



(10)

(11)



(12)

(13)

Figuras de 02 a 13, representativas a distribuição da precipitação pluviométrica média mensal no Estado da Paraíba no período de janeiro a dezembro. Adaptado de AESA, 2010.

A precipitação pluviométrica, sobre a região semiárida é um dos elementos meteorológicos que apresenta maior variabilidade tanto em quantidade quanto em distribuição mensal e anual de uma região para outra (ALMEIDA, 2001). Segundo Aragão (1990), a

principal razão da existência do semiárido nordestino é a ausência de um mecanismo dinâmico que provoque movimentos ascendentes.

Todas as chuvas independentes da sua intensidade, duração e quantidade, são de relevante importância para o balanço hídrico. Chuvas de intensidade fraca têm, muitas vezes, sido negligenciadas nos estudos do balanço hídrico devido à aceção errônea de que a chuva se infiltra no solo para ser completamente efetiva. A planta pode, porém, utilizar diretamente a água na superfície foliar. Além do que a chuva remanescente na superfície das folhas e/ou no solo pode evaporar-se, utilizando a maior parte do calor latente de evaporação disponível. Quando isso ocorre, a transpiração de águas por meio dos estômatos da planta será conseqüentemente reduzida (MOTA, 1979).

A precipitação pluviométrica, neste contexto é a variável meteorológica mais importante no ponto de vista agrícola e de armazenamento e, pela manutenção dos recursos naturais a água ganha cada vez mais à dimensão de bem de grande valor econômico e estratégico no desenvolvimento das nações e na melhoria da qualidade de vida (MEDEIROS et al.,1989).

### 3.3 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO

No estudo de um balanço hídrico, a variável evapotranspiração é uma fonte essencial como parte do processo de interação do fluxo de água do solo para atmosfera.

De acordo com Ferreira e Pereira (1998), a evapotranspiração é um dos principais componentes do balanço de água no solo, possuindo grande utilidade na climatologia, quer para classificações climáticas, quer para quantificação das disponibilidades hídricas regionais através da comparação da precipitação contra a variação do conteúdo de água disponível no solo.

A evapotranspiração é o conjunto associado de dois processos, a evaporação e a transpiração. Enquanto a evaporação é o processo de transferência de água líquida para vapor do ar que ocorrer diretamente de superfícies líquidas, como lagos, rios, reservatórios, poças e gotas de orvalho (COLLISCHONN, 2008).

Para as plantas a umidade do solo é uma das variáveis mais importante, permite que ela transpire livremente quando o solo está úmido, e a taxa de transpiração é controlada pelas variáveis atmosféricas, porém, quando o solo começa a secar, o fluxo de transpiração começa a reduzir. Neste equilíbrio, as plantas têm certo controle físico sobre a transpiração ao fechar

ou abrir os estômatos, que são as aberturas na superfície das folhas por onde ocorre a passagem do vapor para a atmosfera (LARCHER, 2000).

A evapotranspiração potencial (ETP) é o fenômeno associado à perda simultânea de água do solo pela evaporação e da planta pela transpiração. A estimativa da ETP mostra a máxima perda de água possível ocorrer em uma comunidade vegetada. Significa a demanda máxima de água pela cultura e vem a tornar-se o referencial de máxima reposição de água à cultura, seja pela irrigação ou pela precipitação pluviométrica (BARROS et al., 2012).

Os conceitos teóricos de evapotranspiração potencial e de evapotranspiração real foram introduzidos em pesquisas dirigidas por THORNTHWAITE E WILM (1944) *apud* Camargo e Camargo (2000). Posteriormente, Thornthwaite (1944) definiu como Evapotranspiração Potencial (ETP) a evapotranspiração que ocorre considerando as seguintes condições de contorno: extensa superfície vegetada, cobertura total do solo; crescimento ativo; sem restrição hídrica, de modo que somente o balanço vertical de energia interfira no controle do processo.

Penman (1948), também definiu a ETP, ressaltando que a vegetação deveria ser baixa e com altura uniforme. De um modo geral, a grama foi tomada como padrão, em razão da sua utilização nos postos meteorológicos (PEREIRA et al., 2002).

O termo Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), foi definido por Jensen (1963) como limite superior que ocorre numa cultura de alfafa (*Medicago sativa*, L.), com altura de 0,3 a 0,5 m, numa dada condição climática, e com aproximadamente 100 m de área tampão.

Doorenbos e Pruitt (1977), definiram evapotranspiração de referência como sendo aquela que ocorre em uma extensa superfície de grama com altura de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água. A evapotranspiração de referência assim definida coincide com a potencial.

Segundo, Vinicius (2009), pode-se classificar a evapotranspiração em dois tipos: a evapotranspiração potencial ou de referência (para o caso de se considerar  $ETP = ET_o$ ) e a evapotranspiração real. A primeira é a quantidade de água transferida à atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo de uma superfície extensa e completamente coberta por vegetação de porte baixo e bem suprida de água e a segunda é a quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação, nas condições reais de fatores atmosféricos e umidade do solo,

Em 1990, a FAO (Food and Agriculture Organization), órgão da Organização das Nações Unidas, promoveu um encontro, em Roma, Itália, com pesquisadores da área de

evapotranspiração, composto de 14 especialistas de sete países, para atender a vários objetivos, dentre eles o de analisar os conceitos e procedimentos de metodologias de cálculos da ETo, visando estabelecer um critério que pudesse atender a nova definição para cultura de referência e o método para que pudesse estimá-la (SEDIYAMA, 1996). Os métodos recomendados pela FAO no Boletim número 24 de 1977, foram submetidos a uma revisão feita por especialistas chegando-se à conclusão de que o método de Penman Monteith apresentava melhores resultados, por serem baseados em processos físicos e por incorporar parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos (ALLEN et al., 1998).

A Equação de Penman Monteith - FAO é uma representação dos fatores físicos e fisiológicos que conduzem o processo de evapotranspiração (ALLEN et al., 1998). Jensen et al. 1990, (apud MEDEIROS, 2002) relatam que a Equação de Penman Monteith é mais precisa, quando usada na base horária e somando os valores para obter estimativa diária de ETo. Segundo os autores, exemplos de cálculos mostram claramente que, quando usados elementos climáticos diários, a Equação de Penman Monteith proporciona estimativas precisas da evapotranspiração de referência.

Para Sedyama (1996), dentre os métodos desenvolvidos para a estimativa de evapotranspiração o modelo de Penman Monteith é um dos mais avançados. Por ser mais completo, nas áreas que possuem dados de umidade, radiação solar, temperatura e vento, sugere-se o emprego do método de Penman Monteith, por proporcionar resultados mais satisfatórios para avaliar os efeitos do clima sobre as necessidades de água das plantas (MOREIRA, 1992).

A evapotranspiração potencial é um elemento macrometeorológico, fundamental, como é a precipitação pluvial. Representa a chuva teoricamente necessária para não faltar nem sobrar água no solo. Com o balanço contábil entre esses dois elementos opostos pode-se caracterizar bem o fator umidade do clima e estimar a umidade disponível no solo, através do balanço hídrico climático (CAMARGO e CAMARGO, 1983).

### 3.4 - ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ÁGUA - ISNA

Segundo Ferreira (2007), a quantidade de água consumida pela planta em condições naturais de disponibilidade hídrica (evapotranspiração real – ETr) relacionada ao consumo de água sem restrição hídrica no solo (evapotranspiração máxima – ETm ou evapotranspiração da cultura – ETc), fornece o consumo relativo de água, representado pelo índice ETr/ETm, ou

seja, indica a quantidade de água que a planta consome, em relação à quantidade máxima de água que a planta consumiria, na ausência de restrição hídrica.

A relação definida, é um índice, também denominado de Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA), de grande utilidade em estudos agrometeorológicos, sendo utilizado mais recentemente em trabalhos de zoneamento de risco agroclimático, para a definição de áreas de menor risco à produção de grãos.

A relação  $ISNA = E_{Tr}/E_{Tm}$  é calculada para um determinado período, para um tipo de solo e para um determinado cultivar.

Para classificação do ISNA no zoneamento do risco climático, a definição das áreas de maior ou menor risco climático é relacionada a ocorrência de déficit hídrico na fase crítica, geralmente a fase III (floração e enchimento de grãos), considerada a mais sensível da cultura do milho ao déficit hídrico.

Andrade Junior et al. (2001), apresentaram os resultados de estudos com o zoneamento do milho no Piauí, e avaliaram que os riscos climáticos apresentam diferenças em função da época de semeadura e do tipo de solo. Para caracterização do risco climático associado a cultura do milho, em cultivo solteiro e de sequeiro, utilizaram três classes de ISNA, classificando as áreas como alto, médio e baixo risco climático.

A definição das áreas de maior ou menor risco climático é relacionada a ocorrência de déficit hídrico na fase crítica, geralmente a fase III (floração e enchimento de grãos), considerada a mais sensível da cultura do milho ao déficit hídrico, em função das disponibilidades hídricas da região, consumo de água em estágio crítico de desenvolvimento da cultura, tipo de solo, épocas de semeadura e do ciclo de cada cultivar, definidas por STEINMETZ et al, (1988) *apud* SOUSA et al, (2003):

- $ISNA > 0,55$  – baixo risco climático (período favorável para semeadura);
- $0,55 > ISNA > 0,45$  – médio risco climático
- $ISNA < 0,45$  – alto risco climático (período desfavorável para semeadura).

Para o zoneamento de risco climático, os ISNA são calculados, como definição de obtenção de 80% ocorrência da frequência de satisfação, ou atendimento, dos índices de necessidade de água da cultura do milho na fase III, ou seja, o ISNA a ser considerado para análise é aquele que corresponde à ocorrência favorável em pelo menos 80% dos anos estudados ANDRADE JUNIOR et al, (2007).

Após obtidos os resultados dos ISNA, estes são georreferenciados através do uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), gerando mapas temáticos que identificam as zonas de risco e as melhores datas aptas de plantio para o cultivar desejado e para cada região indicada.

### 3.5 - A CULTURA DO MILHO

O milho é uma planta da espécie diplóide e alógama originária da família Poacea (*Gramineae*) e da espécie *Zea mays* (*Zea mays* L.), sendo um dos cereais mais cultivados em todo o mundo. O termo se refere à sua semente, se apresentando como um cereal de altas qualidades nutritivas (CAMPOS; CANÉCHIO FILHO, 1987).

Planta de origem americana, mais especificamente, nos países do México e Guatemala, sendo que a mais antiga espiga de milho foi encontrada no vale do Tehucan, datada de 7.000 a.C., onde atualmente se localiza o México (LERAYER, 2006). Sua origem tem sido bastante pesquisada e tem-se várias hipóteses, sendo que as mais consistentes demonstram que o milho tem origem do Teosinte, que é uma gramínea com várias espigas sem sabugo, que pode cruzar naturalmente com o milho e produzir descendentes férteis, (GALINAT, 1995).

No Brasil, o cultivo do milho vem desde antes da chegada dos europeus. Os índios, principalmente os guaranis, tinham o cereal como o principal ingrediente de sua dieta. Com a chegada dos portugueses, o consumo aumentou e novos produtos à base de milho foram incorporados aos hábitos alimentares dos brasileiros.

Seu plantio na forma ancestral continua a praticar-se em grande parte da América do Sul em regiões pouco desenvolvidas, no sistema conhecido no Brasil como de roçados ou roças, inclusive no Nordeste do Brasil, onde a prática de plantio de sequeiro para essa cultura é constante e muito popular.

Seu consumo é largamente utilizado, diretamente, como alimento humano e animal, para a produção de ração animal e como matéria prima para a indústria na elaboração de diversos produtos.

Tem alto potencial produtivo, sendo bastante ajustável à tecnologia e seu cultivo em larga escala geralmente é mecanizado, se beneficiando muito de técnicas modernas de plantio e colheita.

Caracteristicamente, as folhas dessa planta são de tamanho médio a grande, cor verde escura a verde clara, flexíveis e tem uma nervura central branca, lisa e bem visível. A planta produz flor masculina (flecha ou pendão), na sua parte mais alta, que produz os grãos de pólen e a flor feminina (espiga) à meia altura. Cada fio que sai da espiga é responsável pela produção de um grão, depois de fecundada. O milho produz bem em épocas do ano com média à alta temperatura e boa disponibilidade de água no solo durante todo o ciclo da planta PAIVA et al., (1992); KUROZAWA, (2007).

Alimento muito energético, o milho traz em sua composição vitaminas A e B, proteínas, gorduras, carboidratos, cálcio, ferro, fósforo e amido, além de ser rico em fibras. Cada 100 gramas do alimento têm cerca de 360 Kcal, sendo 70% de glicídios, 10% de protídeos e 4,5% de lipídios (CIB, 2010).

O milho é considerado uma cultura de alta demanda hídrica e também uma das mais eficientes no uso da água, ou seja, tem uma alta relação de produção de matéria seca por unidade de água absorvida e um dos fatores indispensáveis para o avanço e sucesso na produção da cultura do milho é o manejo da irrigação, tanto na qualidade como na produtividade dos frutos, os parâmetros climáticos temperatura, umidade relativa, insolação e velocidade do vento, ao lado do estágio fenológico do milho, textura, cobertura do solo e índice de área foliar, são responsáveis pela determinação da necessidade de água para a cultura e a frequência de irrigação ALLEN et al., (1998); COSTA et al., (2000).

A cultura do milho sob déficits hídricos causados pelas variações climáticas, obtém respostas diferentes de produtividade podendo ser maior ou menor, de acordo com a época do ano e intensidade do déficit CUNHA & BERGAMASCHI, (1992).

Seu plantio e produção satisfatória está relacionada a sua época de plantio, sendo imprescindível o conhecimento dos fatores de risco que tendem a minimizar o sucesso da produção. Assim, quanto mais eficiente for o planejamento das atividades relacionadas com a produção, maior será o sucesso com a cultura SANS; MORAIS; GUIMARÃES, (2006).

A cultura é susceptível a déficit hídrico e Bergamaschi et al. (2004) constataram que pode haver redução de produtividade, mesmo em anos climaticamente favoráveis. Tais fatores ocorrem com mais sensibilidade se o déficit hídrico ocorrer no período crítico, ou seja, na fase de pré-floração ao início de enchimento de grãos. A cultura assim, é bem sensível ao déficit hídrico, em decorrência dos processos fisiológicos ligados à formação do zigoto e início do enchimento de grãos SHUSSLER e WESTGATE, (1991); ZINSELMEIER et al., (1995), além da alta transpiração, decorrente da máxima área foliar e da elevada carga

energética proveniente da radiação solar, que pode ocorrer durante os períodos de ausência de precipitações pluviométricas.

Apesar do Brasil ocupar a terceira posição em área colhida de milho no mundo, os níveis de produtividade são baixos quando comparados aos dois maiores produtores mundiais (EUA e China), AGRIANUAL, (2014). Na safra de 2013/2014, a produtividade média do milho foi de 5.133 kg/ha, enquanto que nos Estados Unidos foi de 9.970 kg/ha e na China de 5.740 kg/ha ABIMILHO, (2014).

O milho com aplicação direta de plantio de sequeiro, pode assim, para minimizar insucessos agrícolas adotar a técnica do zoneamento agrícola de risco climático. Dessa forma, quanto mais eficiente for o planejamento das atividades relacionadas com a produção e a técnica aplicada, maior será o sucesso com o manejo da cultura SANS; MORAIS; GUIMARÃES, (2010).

E, deste modo, os principais fatores climáticos que podem afetar a planta são; a radiação solar, temperatura e a precipitação, que após sua catalogação utiliza-se para início do processamento do zoneamento agrícola de riscos climáticos da cultura, com objetivo de identificar as regiões e épocas aptas ao cultivo. Além desses, para se criar um zoneamento da cultura deve-se avaliar também todos os parâmetros climáticos que afetam as plantas, como; coeficiente de cultura, evapotranspiração potencial, precipitação e temperatura, ciclo e fase fenológica da cultura e disponibilidade máxima de água no solo.

### 3.6 - A PRODUÇÃO DE MILHO NO BRASIL

Atualmente, o milho é o cereal mais cultivado e consumido no Brasil, e o país tem ganhado importância no cenário agrícola do comércio mundial, se destacando por ser o segundo maior exportador do grão, participando, atualmente, com 17% das exportações mundiais, atrás apenas dos Estados Unidos, que detêm cerca de 40% do mercado de exportações, USDA, (2015).

O Brasil tem apresentado expansão para o mercado externo motivado pelos altos preços e que suas vendas saíram de 5,02 milhões de toneladas, em 2004, para 26,61 milhões de toneladas em 2013 e 20,64 milhões em 2014 (Figura 14). O preço ao produtor deve aumentar a uma taxa de 5,5% ao ano, isso será apoiado por uma expansão moderada na área cultivada e pelas melhorias da produção, que continuam nas atuais tendências e alcançam uma nova elevação de 5,2 T/ha em 2024, OECD/FAO (2015).

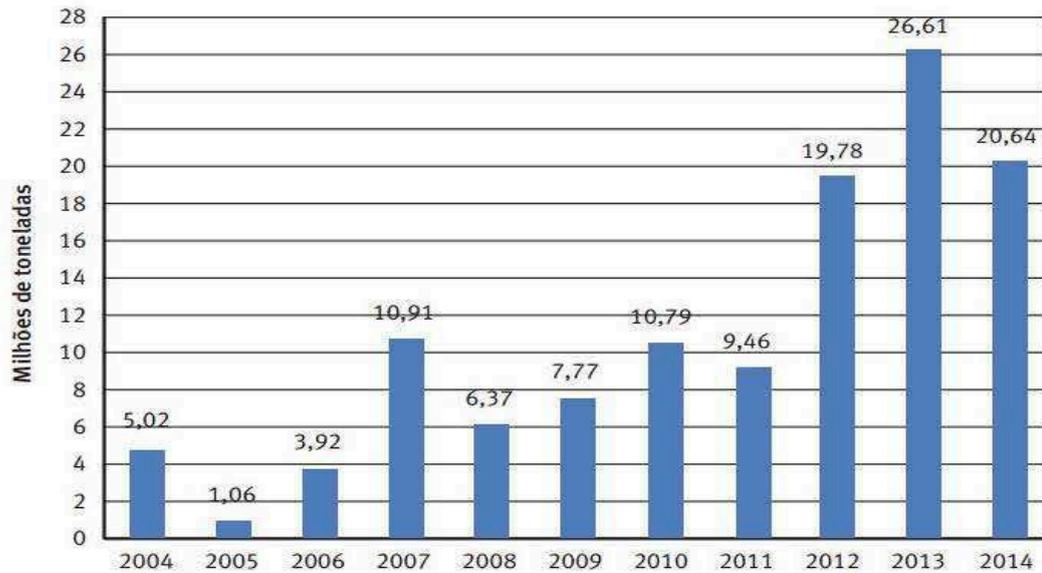


Figura 14 – Exportações brasileiras do milho (SECEX, 2015).

De acordo com os dados do Quadro 01, a produção de milho no Brasil, tem evoluído progressivamente, mas este quadro de produção não se reflete no Nordeste do Brasil e especificamente no estado da Paraíba, regiões basicamente afetadas por períodos prolongados de estiagem.

A estiagem observada desde 2012, no Nordeste do Brasil, afetou substancialmente a produção de milho nesta região e especificamente no estado da Paraíba. Onde, no estado da Paraíba, obteve-se na safra 2010/2011 uma produção de 97,0 mil toneladas de milho, o que decresceu para o ano subsequente a 4,2 mil toneladas, caindo assim para 4,3% do total produzido no ano anterior, ou seja, uma quebra de 95,7%. Apesar da estiagem observada nos anos subsequentes, a produção aumentou, mas não alcançou 30% do produzido em anos anteriores ao período de estiagem estabelecido.

Quadro 01 - Produção de milho / mil toneladas.

Estado / Ano Safra	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15
Paraíba	128,5	166,3	6,3	97,0	4,2	26,3	35,4	20,3
Nordeste	4.396,0	4.642,4	4.273,6	6.128,0	4.364,0	4.859,8	7.574,5	6.393,7
Brasil	58.652,3	51.003,8	56.018,1	57.406,9	72.979,5	81.505,7	80.051,7	84.729,2

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016).

## 4 - MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 - ÁREA DE ESTUDO

A região Nordeste do Brasil (NEB), com suas características climáticas predominantemente semiáridas, localiza-se entre os paralelos de 1° S e 18° S e os meridianos de 35° W e 47° W, com área de 1.644.039 Km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente um quinto do território nacional.

Nesta área está contida uma outra, com características bastante peculiares, denominada de região semiárida (VAREJÃO SILVA et al., 1982), com área total de aproximadamente 950.000km<sup>2</sup>, equivalente a 58,0 % do NEB e 11,0% de todo o território nacional, denominado de Polígono das Secas.

Essa região, com características climáticas que resultam dos efeitos de vários sistemas meteorológicos e das variações na intensidade e posicionamento das circulações atmosféricas de Hadley e Walker. A circulação de Walker possui o posicionamento médio de um de seus ramos ascendentes sobre a bacia Amazônica, associada a convecção intensa produzida nesta área e a circulação de Hadley, que possui um ramo ascendente associado a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que, sobre o NEB, apresenta um ramo descendente e adjacente ao Oceano Atlântico Subtropical Sul NOBRE & MOLION, (1988).

Neste estudo, a área de interesse, que está inserida no NEB é o Estado da Paraíba. Geograficamente, o Estado está situado na porção oriental do NEB entre os meridianos de 34°45'45" e 38°45'45" de longitude oeste e os paralelos de 06°2'12" e 08°19'18" latitude sul, ocupando uma área de 56.732 Km<sup>2</sup> dividida entre 223 municípios. Tem como limites o estado do Rio Grande do Norte ao norte, sendo banhado pelo Oceano Atlântico a leste e ao sul faz divisa com o estado de Pernambuco e a oeste com o Ceará (Figura 15).

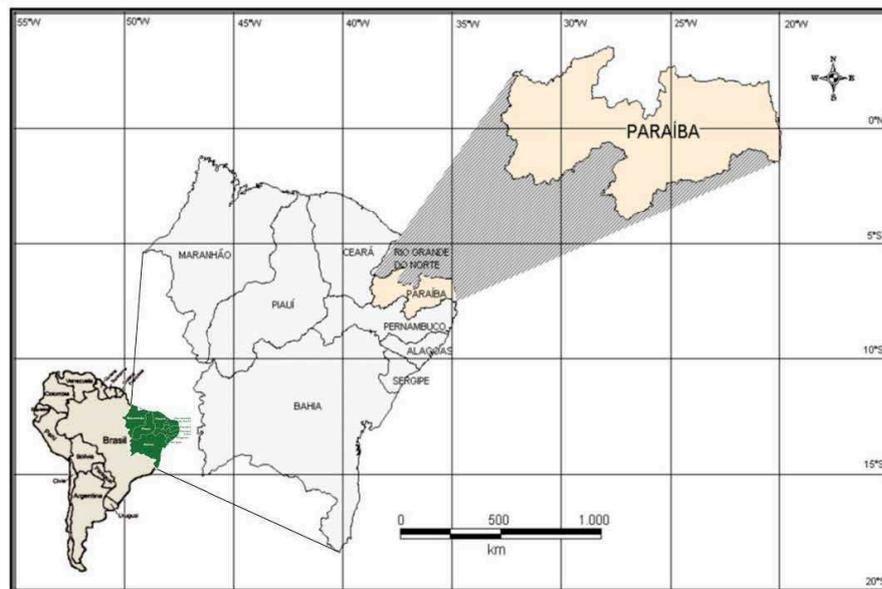


Figura 15 – Região Nordeste do Brasil, com ênfase para o Estado da Paraíba (Fonte: SEMARH, 2003).

#### 4.2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

De acordo com a classificação climática de Köppen, no Estado da Paraíba predomina o tipo climático  $As'$  (tipo quente e úmido), com chuva concentrada entre as estações do verão e inverno.

O Estado da Paraíba, por sua localização dentro da faixa equatorial, é submetido à incidência de alta radiação solar com um grande número de horas de insolação. Tal condição determina um clima quente, temperatura média anual de  $26^{\circ}\text{C}$ , pouca variação interanual e uma distribuição espacial da temperatura altamente dependente do relevo AESA, (2010).

No estado da Paraíba, climatologicamente as chuvas mais significativas, se iniciam em janeiro (região do Sertão, setor oeste do estado) e estendem-se até julho (região do Litoral, setor leste do estado). Ao longo do período chuvoso existem pelo menos dois períodos intercalados, os quais são caracterizados pela atuação de diversos sistemas meteorológicos. Porém, estas chuvas não ocorrem homoganeamente em todo o estado durante esses meses, principalmente sobre a região semiárida (setor centro-oeste), onde o regime de chuvas começa a reduzir a partir do final de maio.

E, climatologicamente, o mês de julho representa o final do período mais chuvoso sobre o setor leste do estado da Paraíba, apesar de que, neste mês ainda ocorrem chuvas representativas, principalmente sobre a faixa litorânea.

No estado da Paraíba, é comum a ocorrência de veranicos (períodos de estiagens) durante a estação chuvosa e esses períodos são caracterizados pela alta demanda evaporativa do ar, altos níveis de radiação solar e temperaturas elevadas e assim, o risco climático que a cultura do milho está sujeita é acentuado em virtude da irregularidade na distribuição das chuvas que se traduz em períodos de veranicos de diferentes durações e diferentes épocas dentro do período chuvoso, notadamente se estes ocorrerem durante as fases mais críticas (formação das panículas e enchimento de grãos), cuja falta de água reduz sensivelmente o rendimento da cultura DOORENBOS & KASSAM, (1994).

#### 4.2.1 – Caracterização climática para a cultura do milho

O milho, planta de características tropicais, exige durante o seu ciclo vegetativo calor e umidade para se desenvolver e produzir satisfatoriamente, de modo que possa proporcionar rendimentos compensadores.

As condições climáticas e o período de tempo em que a cultura é submetida se constituem como preponderante para os fatores de desenvolvimento e produção. Dentre os elementos do clima conhecidos para se avaliar a viabilidade climática para a implantação das mais diversas atividades agrícolas, a temperatura e a precipitação pluvial são as variáveis mais importantes.

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

Tem-se assim, que a falta de água no solo é a principal causa de redução na produção vegetal. O estresse de água na planta resulta da interação entre a disponibilidade de água no solo, a demanda evaporativa e os fatores fisiológicos. Assim, a cultura do milho pode se desenvolver bem em locais que, além dos limites de precipitação apresentados anteriormente, apresentem as demais condições climáticas:

- Dias quentes (temperatura média diária maior que 19°C), Bergamaschi et al (2006).
- Noites com temperaturas frescas (temperatura média noturna maior que 12,8°C e menor que 25°C), EMBRAPA (2004).

- Temperatura do solo entre 25 a 30°C propiciam as melhores condições para o processo germinativo das sementes e emergência das plântulas, ao passo que temperaturas superiores a 42°C e inferior a 10°C e prejudicam sensivelmente a germinação, (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

As maiores exigências de umidade (ou chuva) da planta do milho ocorrem nas épocas de germinação, florescimento e enchimento de grãos. A falta de água na ocasião do pendoamento pode provocar uma perda de produção ao redor de 50-60%, ao passo que depois da polinização (até 15-20 dias) pode-se observar queda aproximada de 30% (FORNASIERI FILHO, 1992).

#### 4.3 - DADOS UTILIZADOS

##### 4.3.1 - Precipitação Pluviométrica

Os dados pluviométricos diários utilizados no estudo foram publicados e disponibilizados, de 1961 a 1994, pelo antigo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e complementados com a série histórica, de 1994 a 2012, atualmente de domínio público da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA, onde foram selecionados 99 postos pluviométricos distribuídos ao longo de todo o estado da Paraíba e condensados no período de 01 de janeiro de 1961 a 31 de dezembro de 2012, de acordo com a visualização espacial da Figura 16.

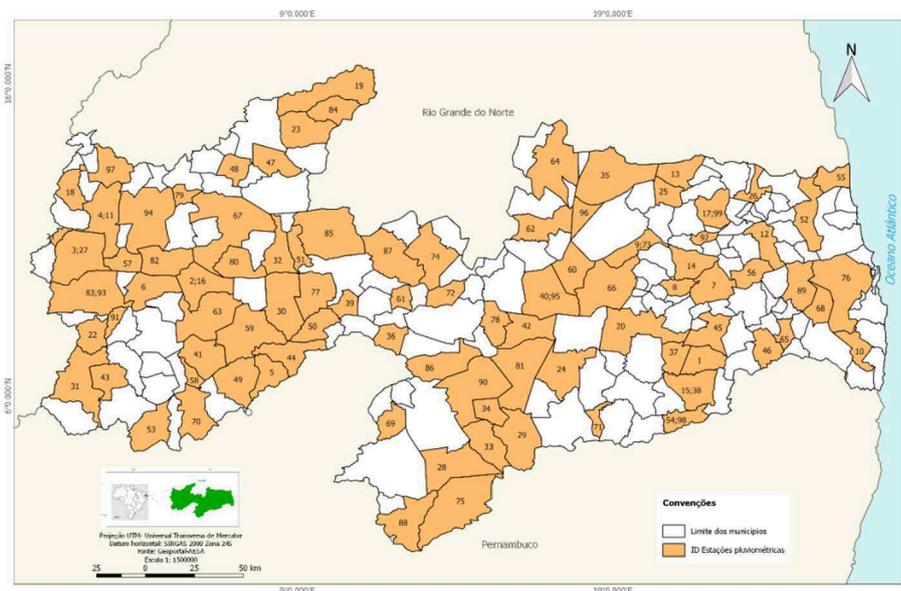


Figura 16 – Visualização espacial dos 99 postos pluviométricos e de temperatura estimada no estado da Paraíba.  
Fonte: Elaboração própria (2016).

#### 4.3.2 - Temperatura

Os valores de temperatura média do ar foram estimados pela equipe do portal Agritempo – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (<http://www.agritempo.gov.br/>), que faz parte da Rede Nacional de Agrometeorologia (RNA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) com informações básicas que orientam o zoneamento agrícola brasileiro e são utilizadas de forma oficial pelo MAPA.

#### 4.3.3 - Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>)

Os valores de Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foram estimados pelo método de Thornthwaite, simulados através de rotinas internas do SARRA (Systeme d'Analyse Régionale du Risque Climatique), adotados e aceitos pelo MAPA como dados oficiais e validados para o zoneamento.

#### 4.3.4 - Capacidade de água disponível (CAD)

CAD – Capacidade de água disponível ou reserva útil do solo, consideram-se as raízes da cultura explorando até uma certa profundidade de diferentes tipos de solos, com suas respectivas capacidades de armazenamento de água; definida a partir da curva de retenção de água, densidade aparente e profundidade do perfil e de acordo com a equação abaixo:

$$CAD = \frac{(CC - PMP) \times D \times A \times h}{10}$$

Onde:

CAD = Capacidade de água disponível no solo (mm);

CC = Capacidade de campo (%);

PMP = Ponto de murcha permanente (%);

DA = Peso específico aparente do solo (g/cm<sup>3</sup>);

h = Profundidade da camada do solo (cm)

Os valores de CAD foram os mesmos valores recomendados em portarias do MAPA, considerados como valores padrão para o processamento do zoneamento agrícola de risco climático do Brasil para a cultura do milho.

O CAD variou em função da classe de solo predominante (textura arenosa, média e argilosa) e da profundidade do sistema radicular da cultura. Assumiram-se três tipos de solos distintos (Tipos 1, 2 e 3), como os representativos de maior ocorrência no Estado, EMBRAPA, (2006). Os valores adotados foram os mesmos valores usados pelo MAPA, considerados como valores padrão para o processamento do Zoneamento Agrícola de Risco Climático do Brasil. Considerou-se a CAD constante ao longo do ciclo da cultura e de acordo com adotado pelo MAPA (2013) e EMBRAPA (2015):

Solos Tipo 1

(Teor de Argila  $> 10\%$  e  $\leq 15\%$ ) = 20 mm - Textura Arenosa

Solos Tipo 2

(Teor de Argila entre 15 e 35% e menos de 70% de areia) = 40 mm – Textura média

Solos Tipo 3

(Teor de Argila  $> 35\%$ ) = 60 mm – Textura Argilosa

Vale salientar que os solos Tipo 2, são solos de textura média com média capacidade de retenção de água e teor de argila entre 15% e 35% e percentual de areia menor do que 70%, e os solos do Tipo 3, são solos com alta capacidade de retenção de água, possuindo mais de 35% teor de argila, solos de textura argilosa.

#### 4.3.5 - Ciclo e duração das fases fenológicas

Os coeficientes culturais foram determinados a partir de pesquisas desenvolvidas em diversas regiões e de dados apresentados na literatura, assumindo a cultura com ciclos de 100 dias (precoce), 120 dias (médio) e 130 dias (tardio) e calculados valores médios decendiais, EMBRAPA, (2006), Quadro 02, e disponibilizados de forma oficial pelo MAPA.

Quadro 02 – Ciclo e duração das fases fenológicas do milho

Ciclos	Fases Fenológicas				Total de Dias
	Emergência (Fase I)	Desenvolvimento (Fase II)	Enchimento de Grãos (Fase III)	Maturação (Fase IV)	
<b>Precoce</b>	15	35	25	25	100
<b>Médio</b>	15	45	35	25	120
<b>Tardio</b>	15	50	40	25	130

Fonte: MAPA, 2016.

#### 4.3.6 - Períodos de Plantio – Períodos de Semeadura

O período de semeadura, no ZARC é avaliado por decêndio, ou seja, a cada 10 dias do mês e, assim, em um ano tem-se 36 decêndios, mas para o caso da Paraíba, foi definido que o zoneamento seria executado até o decêndio 18 (21 a 30 de junho), em virtude da limitação temporal do período chuvoso e da época limite de plantio, de acordo com o Quadro 03.

Quadro 03 – Períodos de Plantio (Decêndios)

Meses	Janeiro			Fevereiro			Março		
<b>Decêndios</b>	01	02	03	04	05	06	07	08	09
<b>Períodos</b>	01 a 10	11 a 20	21 a 31	01 a 10	11 a 20	21 a 28	01 a 10	11 a 20	21 a 31

Meses	Abril			Maio			Junho		
<b>Decêndios</b>	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Períodos</b>	01 a 10	11 a 20	21 a 30	01 a 10	11 a 20	21 a 31	01 a 10	11 a 20	21 a 30

Fonte: MAPA, 2016.

#### 4.3.7 - Coeficientes de Cultura (Kc)

Coeficientes de cultura (Kc) decendiais ao longo do ciclo da cultura, são determinados em condições de campo, pela relação entre a evapotranspiração do cultivo (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo), (CAMPOS, 2010).

$$Kc = \frac{ETo}{ETc}$$

Geralmente, os Kc são calculados por médias decendiais para cada fase da cultura e foram determinados por experimentos de campo produzidos pela EMBRAPA, adotados pelo MAPA, divulgados em portarias e adotados no programa de zoneamento oficial MAPA (2016), Quadro 04.

Quadro 04 – Coeficientes da cultura (Kc)

Ciclos (Dias)	Decêndios													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
100	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,6				
120	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6		
130	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6

Fonte: MAPA, 2016.

#### 4.4 - PEDOLOGIA

O zoneamento de risco climático para o Estado da Paraíba, de acordo com metodologia adotada pelo MAPA, contempla como de baixo risco o cultivo do milho de sequeiro, para os solos Tipo 2 e Tipo 3, de acordo com classificação oficial do MAPA.

O Solo Tipo 1, de textura arenosa, por se tratar de uma técnica de zoneamento de minimizar os riscos agrícolas, não foi indicado para o plantio do milho de sequeiro no Estado da Paraíba por apresentar baixa capacidade de retenção de água e alta probabilidade de quebra de rendimento das lavouras por ocorrência de déficit hídrico.

Além do mais, os solos arenosos devem ser evitados, devido à sua baixa capacidade de retenção de água e nutrientes disponíveis às plantas. Apresentam intensa lixiviação, perdem mais água por evaporação e são normalmente mais secos. Com isso maximizando o risco de perda, quebra na produtividade e principalmente pelo zoneamento de risco climático para cultura de plantio, tipo sequeiro, depender da ocorrência normal de chuvas. Sobretudo também, pelo estado da Paraíba estar localizado na região semiárida do Nordeste do Brasil e que possui alta variabilidade das chuvas, tanto espacial, quanto temporal, EMBRAPA (2006).

Os solos predominantes foram agrupados em dois tipos a partir das classes de textura:

- Solos de textura média e solos de textura argilosa. A disponibilidade de água nos solos para a profundidade efetiva das raízes foi de 40 mm para solos de textura média e 60 mm de textura argilosa.

A Instrução Normativa nº 12, de 14 de junho de 2005 publicada no DOU, apresenta as classes de solos agrupadas segundo as características apresentadas acima.

Para efeito dos estudos de riscos climático para culturas de grãos não são indicadas às áreas:

- De preservação obrigatória, de acordo com a Lei 4.771 do Código Florestal;
- Com solos que apresentam teor de argila inferior a 10% nos primeiros 50 cm de solo;
- Com solos que apresentam profundidade inferior a 50 cm;
- Com solos que se encontram em áreas com declividade superior a 45%;
- Com solos muito pedregosos, isto, é solos nos quais calhaus e matacões (diâmetro superior a 2 mm) ocupam mais de 15% da massa e/ou da superfície do terreno.

#### 4.5 - ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO

O zoneamento de risco climático se estabelece em uma importante ferramenta às atividades agrícolas que dependem direta ou indiretamente das condições climáticas para as práticas agrícolas de cultivares de sequeiro. Com ele é possível o conhecimento de áreas com potencial climático para estabelecimento de atividades agrícolas, minimizando riscos causados pelas adversidades do clima. Portanto, é de grande valia no direcionamento da política agrícola, planejamento, liberação de crédito e seguro agrícola.

Assim, em um cenário climático de incertezas, o zoneamento agrícola de riscos climáticos constitui-se em uma ferramenta fundamental no processo de tomada de decisão, principalmente, com o surgimento de um novo modelo agrícola brasileiro, baseado nas premissas de competitividade, eficiência e visão do agronegócio.

A aplicação do método para obter o zoneamento de risco climático foi feita utilizando os seguintes procedimentos:

Neste zoneamento de risco climático, o método adotado foi pela aplicação do modelo de balanço hídrico SARRA, BARON et al., (1996), onde foram gerados todos os resultados dos balanços hídricos diários para períodos decendiais, dentro do período da estação chuvosa compreendida climatologicamente entre os meses de janeiro a junho, decêndio de 01 a 18, com riscos climáticos definidos por meio de uma análise de distribuição frequencial, com dados de entrada de precipitação observada e temperatura estimadas para as 99 localidades no estado da Paraíba, de acordo com seus módulos de trabalho, o modelo SARRA, possui as seguintes rotinas:

SARRA (Francês) - Sistema de balanço hídrico da cultura

SARRAMET – Entrada de dados climatológicos e de geração da evapotranspiração

SARRABIO - Balanço Hídrico

SARRAZON - Zoneamento

SAISPL - Edita e completa o arquivo de dados

O módulo SARRAZON apresenta as seguintes saídas de resultados do sistema:

Evapotranspiração Máxima (ETM) – estimada pelo produto  $ET_o.Kc$ ;

Evapotranspiração Real (ETR);

Índice de Satisfação da Necessidade da Cultura (ISNA) – expresso pela relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima ( $ET_r/ET_m$ ), indicando a quantidade de água que a planta irá consumir e o total necessário para garantir a sua máxima produtividade. A  $ET_r$  expressa a quantidade de água que a planta efetivamente consumiu e a  $ET_m$  representa a quantidade de água desejável para garantir sua produtividade máxima efetiva (SILVA et al., 1998).

Esse índice reflete a sensibilidade da cultura ao déficit hídrico, cujo índice de classificação do risco climático oscila entre 0 e 1.

De acordo com o fluxograma, na Figura 17, pode-se representar a operação dos resultados do ZARC.

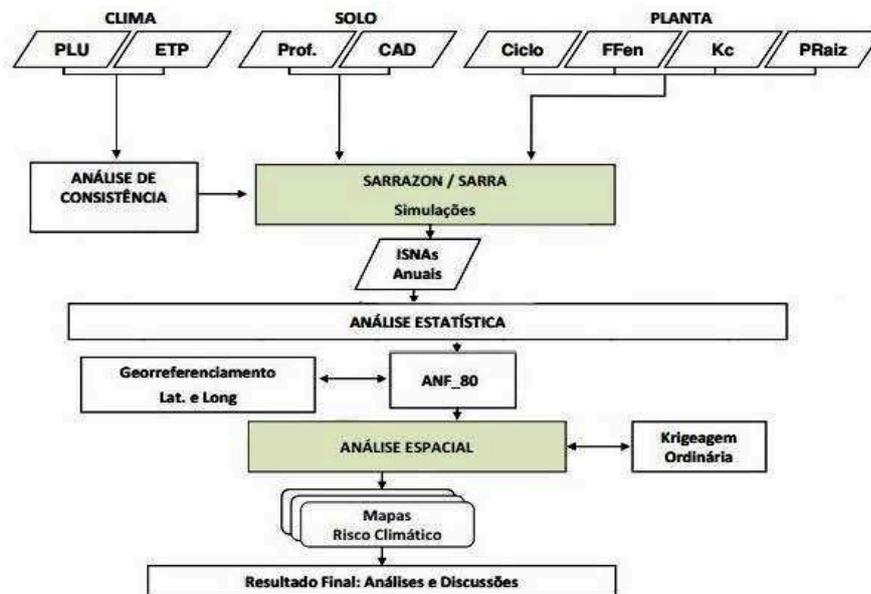


Figura 17 - Fluxograma da metodologia de estimativa do balanço hídrico SARRAZON, adaptado de EVANGELISTA, 2011.

Assim, para a definição das áreas de maior ou menor risco climático, associada à ocorrência de déficit hídrico na fase de enchimento de grãos, foi feita estabelecendo-se três classes, de acordo com ISNA obtido, segundo Steinmetz et al. (1985):

Favorável ( $ISNA \geq 0,55$ );

Intermediário ( $ISNA \leq 0,45$  e  $< 0,55$ ) e

Desfavorável ( $ISNA < 0,45$ ).

Os valores calculados do ISNA, como explicitado, foram determinados a partir da simulação de um balanço hídrico que tem como principais dados de entrada a precipitação pluviométrica diária, a evapotranspiração potencial, os coeficientes culturais, a duração do ciclo da cultura e das fases fenológicas, a disponibilidade de água no solo para a profundidade efetiva das raízes.

Os ISNA determinados para cada estação pluviométrica foram espacializados utilizando-se um Sistema de Informações Geográficas, empregando o software de geoprocessamento e espacialização computacional SPRING, (CÂMARA et al., 1996), para a determinação do ISNA específico para cada município. Os testes de atendimento das restrições térmicas e da possibilidade de excesso de chuvas na colheita foram feitos apenas no

caso de atendimento hídrico satisfatório ( $ISNA \geq 0,55$ ) na fase de florescimento e produção de grãos para uma frequência de ocorrência igual ou superior a 80% dos casos analisados.

#### 4.6 - GEOPROCESSAMENTO E ESPACIALIZAÇÃO

Todos os parâmetros foram geoespacializados usando-se um sistema de informações geográficas - SIG – SPRING, permitindo a geração dos mapas decendiais do ISNA, com o seguinte procedimento:

- Importação das amostras ISNA, no formato de modelo numérico de terreno – MNT;
- Geração dos semivariogramas;
- Ajustes dos semivariogramas por modelos matemáticos;
- Geração de grade retangular, por meio do procedimento de krigagem ordinária;
- Recorte do plano de informação, usando-se como máscara o limite estadual;
- Fatiamento e associação em classes, com intervalos variáveis, de acordo com os limites inferior e superior estabelecidos para cada parâmetro;
- Tabulação cruzada entre os planos de informação (PI) obtidos para todos os parâmetros versus a malha municipal do Estado, permitindo estimar, para cada município, a área ( $\text{km}^2$ ) e a porcentagem de ocorrência das diversas classes de aptidão.

Para a tabulação cruzada dos planos de informação, usou-se a malha municipal do Estado, IBGE, (2010), que inclui os municípios mais recentemente criados.

#### 4.7 – NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA - ZOCLIMA

A nova metodologia proposta e desenvolvida neste trabalho, chamada de ZOCLIMA (Zoneamento Climático Ajustado), vem a adequar os resultados do atual zoneamento adotado pelo MAPA, com o período climatológico mais chuvoso de cada município.

A nova abordagem resulta em uma indicação teórica e climatológica de um período com umidade suficiente para o pleno desenvolvimento das práticas agrícolas, aumentando ainda mais a probabilidade de sucesso agrícola, reduzindo deste modo, o risco de perda associado ao déficit hídrico.

A metodologia do ZOCLIMA desenvolveu-se a partir do Balanço Hídrico por THORNTHWAITE & MATHER (1955), através da planilha EXCEL BHnorm61 desenvolvida por Rolim et al. (1998), que traz cálculos de balanços hídricos normal, sequencial de cultura e de produtividade real e potencial. Nesta planilha é possível determinar os períodos de Excedente, Deficiência, Retirada e Reposição, e com estes resultados delinear, o período mais favorável das chuvas, para cada município, adequando os resultados do atual zoneamento do SARRAZON aplicado pelo MAPA, a particularidades locais do período chuvoso.

O método proposto do ZOCLIMA, através de resultados utilizando a planilha BHnorm61, tem como dados de entrada, a temperatura, precipitação, coordenadas geográficas e a capacidade de água disponível, para alimentar o cálculo do balanço hídrico.

Assim, como metodologia de demonstração e para efeito de comparação mais justa dos resultados, foram utilizados os mesmos dados de entrada do SARRAZON (mesma série histórica, mesmos dados médios e a mesma série de dados de precipitação até o ano de 2012), para alimentação das planilhas e homogeneização dos dados de entrada dos dois métodos. A capacidade de água disponível (CAD) utilizou os mesmos valores definidos no zoneamento tradicional, que foi definido em 40 e 60 mm e a evapotranspiração potencial foi calculada seguindo metodologia supracitada.

Como elementos de saída, a planilha BHnorm6 retorna em forma de resultados, dados e gráficos, por cada localidade identificada, com as seguintes variáveis: a ETP (Evapotranspiração Potencial), ETr (Evapotranspiração Real), ARM (Armazenamento de água), DEF (Deficiência), EXC (Excedente), RET (Retirada) e REP (Reposição), perfazendo um balanço hídrico, seguindo a metodologia de Thornthwaite.

Assim, para aplicação e demonstração do método ZOCLIMA proposto, foram selecionados, no estado da Paraíba, de forma aleatória, municípios característicos, de 01 a 23, do Sertão ao Litoral e representativos as 23 microrregiões geográficas do estado da Paraíba, de acordo com a Figura 18 e pelo Quadro 05, para que pudesse representar a comparação entre o modelo proposto ZOCLIMA com o modelo tradicional adotado pelo MAPA (SARRAZON).

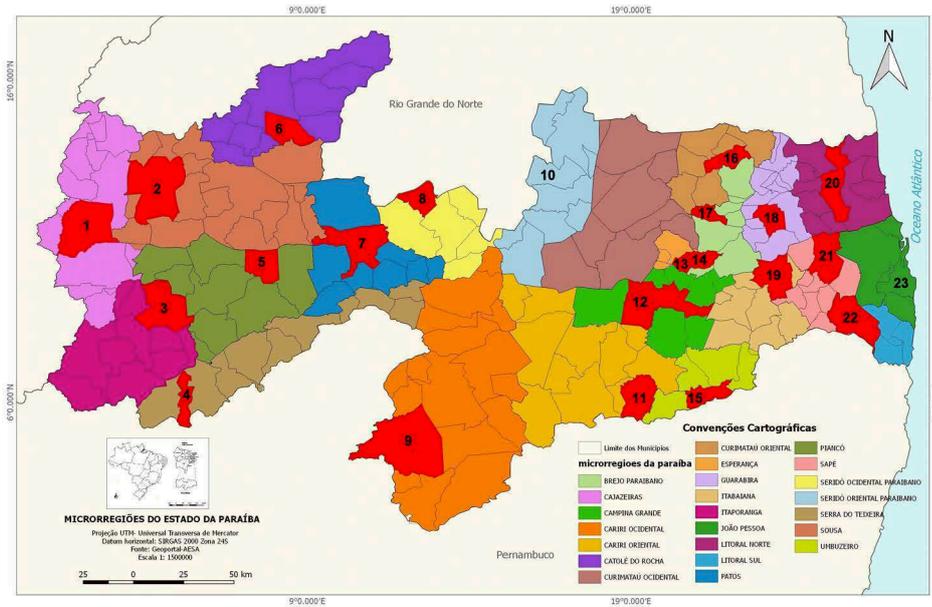


Figura 18 – Microrregiões do Estado da Paraíba (AESA, 2016)

A escolha pela representatividade homogênea das microrregiões, IBGE (1990), para exemplificação da nova abordagem metodológica, visa que a estrutura e organização do espaço microrregional foi identificada, também, pela vida de relações ao nível local, isto é, pela possibilidade de atender às populações e a estrutura da produção para identificação das microrregiões é considerada em sentido totalizante, constituindo-se pela produção propriamente dita, distribuição, troca e consumo, incluindo atividades urbanas e rurais.

Sendo, assim, temos que a exemplificação por amostragem de município por cada microrregião geográfica representativa, avalia de forma coerente cada município escolhido para o ensaio da amostra.

Quadro 05 – Microrregião e municípios exemplos escolhidos

<b>Número de referência</b>	<b>Microrregião Geográfica</b>	<b>Município Escolhido</b>
1	Cajazeiras	Cajazeiras
2	Sousa	Sousa
3	Itaporanga	Itaporanga
4	Serra do Teixeira	São José de Princesa
5	Piancó	Emas
6	Catolé do Rocha	Riacho dos Cavalos
7	Patos	Patos
8	Seridó Ocidental Paraibano	Várzea
9	Cariri Ocidental	Monteiro
10	Seridó Oriental Paraibano	Sem município apto
11	Cariri Oriental	Alcantil
12	Campina Grande	Campina Grande
13	Esperança	São Sebastião de Lagoa de Roça
14	Brejo Paraibano	Alagoa Nova
15	Umbuzeiro	Natuba
16	Curimataú Oriental	Dona Inês
17	Curimataú Ocidental	Arara
18	Guarabira	Guarabira
19	Itabaiana	Gurinhém
20	Litoral Norte	Mamanguape
21	Sapé	Sapé
22	Litoral Sul	Pedras de Fogo
23	João Pessoa	Sem aplicação

Em termos do zoneamento total a ser complementado, na prática, a amostragem por microrregião, não exclui a necessidade futura de aplicar o método da nova abordagem individualmente para cada município, pois, o método tradicional adotado pelo MAPA exige a aplicação dos resultados por município, assim, de modo a mostrar a real adaptação ao método tradicional de zoneamento de risco climático da nova abordagem para a tradicional, complementando-se os resultados.

Assim, baseando-se nos resultados do balanço hídrico sequencial de Thornthwaite & Mather, para cada município escolhido, determinou-se os períodos de excedente, deficiência e reposição, e com os resultados na sua forma gráfica do balanço hídrico (Figura 19), delimitou-se como regra para a delimitação a ser determinada pela nova abordagem metodológica do ZOCLIMA, a delimitação de uma linha de corte na área da reposição hídrica coincidindo com

a interseção do zero do período de excedente hídrico, ou seja zero no eixo das abcissas (limite onde a curva do excedente cruza o eixo do zero do excedente e da deficiência) criando um período delimitado e que foi considerado como o limite temporal mais adequado a semeadura, início e fim dos decêndios favoráveis

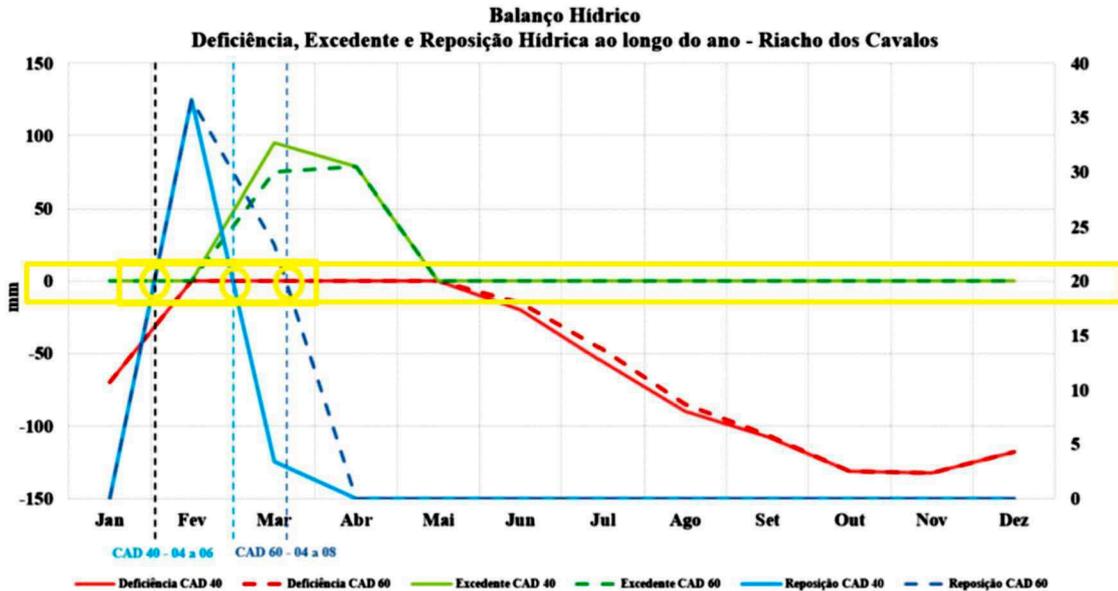


Figura 19 – Exemplo da nova metodologia do ZOCLIMA

Esse resultado, ou seja, esse novo período delimitado, pela nova abordagem metodológica, foi empregado não como determinante para indicação do novo período de semeadura, mas desenvolvido e deve ser utilizado como complementar e restritivo ao zoneamento tradicional, filtrando as épocas de plantio já definidas com o(s) período(s) decendial(is) indicado pelo método ZOCLIMA e que mostra o período climatológico de trabalho, onde ocorrem os menores riscos para perda em termos de ausência climatológica da precipitação pluviométrica, ou seja, o período onde climatologicamente se situa a condição hídrica de umidade climatológica sobre a região em estudo.

Assim, delimitando cada microregião, por município representativo, podemos exemplificar, a criação de um novo calendário indicativo do plantio do milho de sequeiro para o estado da Paraíba, a partir da comparação dos dois métodos, que se complementam e se aperfeiçoam de forma direta, a partir do método ZOCLIMA em delimitação e restrição aos resultados do método tradicional do SARRAZON.

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 – ZONEAMENTO DE RISCOS CLIMÁTICOS, UTILIZANDO O MÉTODO SARRAZON

Nesta metodologia, os resultados obtidos apresentam a relação de municípios aptos para o plantio do milho de sequeiro, suprimidos todos os outros onde a cultura não é recomendada, foi baseada em informações disponíveis de acordo com zoneamento de risco climático, elaborado com metodologia do sistema SARRAZON, adotada oficialmente pelo MAPA e com sua análise calçada em dados atualizados e disponíveis até 31 de dezembro de 2012.

Nesta classificação, de acordo com recomendação do MAPA, também foram excluídos os municípios que fazem parte da faixa litorânea (especificamente os que fazem limite com o oceano Atlântico) do estado da Paraíba, por não possuírem produção significativa da cultura do milho e onde nesta região não se justifica o zoneamento, pois o uso do solo é utilizado quase que exclusivamente para o plantio da monocultura da cana de açúcar.

A metodologia do ZARC aplicada neste trabalho, obteve resultados coerentes com o publicado em portarias do MAPA. O resultado traz a luz da tecnologia e da metodologia aplicada do SARRAZON, utilizando as respostas para a indicação da semeadura da cultura do milho de forma planejada e maximizando os resultados de sucesso da colheita, de modo que se obedeça ao calendário agrícola, aqui definido em períodos decendiais e que para cada localidade, indique a devida aptidão agrícola para esse tipo de cultivar.

Vale salientar que o método aqui exposto, sofre limitações da aplicação de dados médios e estimados, tanto das variáveis de entrada, quanto das variáveis fenológicas utilizadas na metodologia do ZARC.

A resposta prática dessas simulações, é que os resultados encontrados dos decêndios favoráveis ao plantio (datas de semeadura) em municípios aptos, não se adequam claramente ao período chuvoso de cada município zoneado, inclusive em muitos casos analisados, extrapolando o período normal de chuvas, necessitando assim, de um método que vise enquadrar o atual método do zoneamento a uma escala temporal adequada ao período mais úmido de cada município, respeitando o balanço hídrico local, principalmente nas fases de

reposição hídrica e excedente, garantindo assim, um maior sucesso na colheita quando da aplicação das práticas agrícolas, em regime de sequeiro.

Essa demanda pode ser vista e suprida em resultados obtidos na atual metodologia do zoneamento em que apresenta “janelas”, ou seja, períodos de plantio decendiais que se demonstram ir além do período normal de chuvas de cada município, colocando em dúvida assim a aplicação prática, de alguns resultados de período de plantio, do ZARC para alguns municípios.

Os resultados, utilizando a tradicional metodologia adotada pelo MAPA, tem-se as datas aptas de plantio para o milho de sequeiro de acordo com o zoneamento efetuado e que estão relacionadas no Quadro 06 e nas figuras correspondentes, em anexo:

Quadro 06 – Períodos de Plantio (Decêndios)

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Aguiar	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01
Alagoa Grande	02 a 15	03 a 16	01 a 14	02 a 15	01 a 13	01 a 14
Alagoa Nova	03 a 16	02 a 18	02 a 15	01 a 16	01 a 14	01 a 15
Alagoinha	06 a 16	03 a 16	05 a 15	02 a 15	04 a 14	01 a 14
Alhandra	05 a 18	04 a 18	04 a 16	03 a 17	03 a 15	02 a 16
Aparecida		02 a 03		01 a 02		01
Araçagi	08 a 15	07 a 16	07 a 14	06 a 15	06 a 13	05 a 14
Arara	06 a 16	04 a 17	04 a 15	03 a 16	03 a 14	02 a 15
Araruna	10 a 14	10 a 13	09 a 13	08 a 12	08 a 12	07 a 11
Areia	03 a 18	02 a 18	02 a 16	01 a 17	01 a 15	01 a 16
Areial	07 a 14	06 a 15	06 a 13	05 a 14	05 a 12	04 a 13
Aroeiras		11 a 12		10 a 11		09 a 10
Bananeiras	06 a 16	04 a 17	04 a 14	03 a 15	03 a 13	02 a 14
Belém	07 a 15	06 a 16	05 a 14	04 a 15	04 a 13	03 a 14
Belém do Brejo do Cruz		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Bernardino Batista		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Boa Ventura	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Bom Jesus	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Bom Sucesso		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Bonito de Santa Fé	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Borborema	04 a 16	03 a 17	03 a 15	02 a 16	02 a 14	01 a 15
Brejo do Cruz	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Brejo dos Santos		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Caaporã	04 a 18	03 a 18	03 a 16	02 a 17	02 a 15	01 a 16
Cachoeira dos Índios	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Cacimba de Dentro	11 a 12	10 a 13	09 a 11	09 a 12	08 a 10	08 a 11

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Caiçara	09 a 14	08 a 15	08 a 13	06 a 14	07 a 12	05 a 13
Cajazeiras	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Cajazeirinhas	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Caldas Brandão	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Campina Grande	10 a 13	09 a 14	09 a 12	08 a 13	08 a 11	07 a 12
Campo de Santana	09 a 14	08 a 15	08 a 13	07 a 14	07 a 12	06 a 13
Capim	07 a 15	05 a 16	06 a 14	04 a 15	05 a 13	03 a 14
Carrapateira	02	01 a 03	01	01 a 02	01	01 a 02
Casserengue	07 a 14	06 a 15	06 a 13	05 a 14	05 a 12	04 a 13
Catingueira		03		02		01 a 02
Catolé do Rocha		03		02		01 a 02
Conceição		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Condado		03		02		01 a 02
Coremas		03		02		01 a 02
Cruz do Espírito Santo	04 a 17	03 a 18	03 a 15	02 a 16	02 A 14	01 a 15
Cuité de Mamanguape	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Cuitegí	06 a 16	04 a 17	04 a 15	03 a 16	03 a 14	02 a 15
Curral de Cima	07 a 14	06 a 15	06 a 13	05 a 14	05 a 12	04 a 13
Curral Velho		02 a 03		02		01 a 02
Damião		11 a 12		10 a 11		09 a 10
Diamante		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Dona Inês	09 a 14	08 a 15	07 a 13	06 a 14	06 a 12	05 a 13
Duas Estradas	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Emas		03		02		01 a 02
Esperança	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Fagundes	11 a 12	10 a 13	10 a 11	09 a 12	09 a 10	08 a 11
Gado Bravo		11 a 12		10 a 11		09 a 10
Guarabira	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Gurinhém	07 a 15	07 a 16	06 a 14	06 a 15	05 a 13	05 a 14
Ibiara		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Igaracy		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Ingá	09 a 15	08 a 16	08 a 14	06 a 15	07 a 13	05 a 14
Itabaiana	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Itaporanga		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Itapororoca	08 a 15	08 a 16	07 a 14	06 a 15	06 a 13	05 a 14
Itatuba	10 a 14	09 a 15	09 a 13	08 a 14	08 a 12	07 a 13
Jacaraú	06 a 15	05 a 16	05 a 14	04 a 15	04 a 13	03 a 14
Jericó		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Joca Claudino	01 a 03	01 a 04	01 a 02	01 a 03	01	01 a 02
Juarez Távora	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Juripiranga	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Jurú		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Lagoa		02 a 03		01 a 02		01 a 02

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Lagoa de Dentro	08 a 14	08 a 15	07 a 13	06 a 14	06 a 12	05 a 13
Lagoa Seca	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Lastro		02		01		01 a 02
Logradouro	09 a 14	08 a 15	08 a 13	07 a 13	07 a 12	06 a 12
Malta		02		01		01 a 02
Mamanguape	06 a 15	05 a 16	05 a 14	04 a 15	04 a 13	03 a 14
Manaira		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Mari	07 a 16	06 a 17	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Marizópolis	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Massaranduba	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Matinhas	05 a 16	04 a 17	04 a 15	03 a 16	03 a 14	02 a 15
Mato Grosso		03		02		01 a 02
Mogeirol	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Montadas	07 a 14	06 a 15	06 a 13	05 a 14	05 a 12	04 a 13
Monte Horebe		02		01 a 02		01 a 02
Mulungu	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Natuba	11 a 12	10 a 13	09 a 11	09 a 12	08 a 10	08 a 11
Nazarezinho	02	01 a 03	01	01 a 02	01	01 a 02
Nova Olinda	02	01 a 03	01	01 a 02	01	01 a 02
Olho D'Água		03		02		01 a 02
Patos		03		02		01 a 02
Paulista		03		02		01 a 02
Pedra Branca	02	02 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Pedras de Fogo	06 a 16	05 a 17	05 a 15	04 a 16	04 a 14	03 a 15
Pedro Regis	07 a 14	06 a 15	06 a 13	05 a 14	05 a 12	04 a 13
Piancó		03		02		01 a 02
Pilar	07 a 16	06 a 16	06 a 14	04 a 15	05 a 14	03 a 14
Pilões	05 a 16	03 a 17	04 a 15	02 a 16	03 a 14	01 a 15
Pilõezinhos	06 a 16	04 a 17	04 a 15	03 a 16	03 a 14	02 a 15
Pirpirituba	06 a 16	05 a 17	05 a 15	04 a 16	04 a 14	03 a 15
Poço Dantas		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Poço de José de Moura	01 a 02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Pombal		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Princesa Isabel		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Puxinanã	10 a 13	09 a 14	09 a 12	08 a 13	08 a 11	07 a 12
Remígio	05 a 16	04 a 17	04 a 15	03 a 16	03 a 14	02 a 15
Riachão	10 a 14	09 a 15	09 a 13	08 a 14	08 a 12	07 a 13
Riachão do Bacamarte	09 a 15	08 a 16	08 a 14	07 a 15	07 a 13	06 a 14
Riachão do Poço	07 a 16	06 a 17	06 a 15	05 a 16	05 a 14	04 a 14
Riacho dos Cavalos		03		02		01 a 02
Salgado de São Félix	10 a 15	08 a 16	08 a 13	07 a 15	07 a 12	06 a 14
Santa Cruz		03		02		01 a 02
Santa Helena	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Santa Inês		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Santa Terezinha		03		02		01 a 02
Santana de Mangueira		02 a 03		01 a 02		01 a 02
Santana dos Garrotes		03		02		01 a 02
São Bentinho		03		02		01 a 02
São Bento		03		02		01 a 02
São Domingos de Pombal		03		02		01 a 02
São Francisco	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
São João do Rio do Peixe	01 a 03	01 a 04	01 a 02	01 a 03	01	01 a 02
São José da Lagoa Tapada		02 a 03		01 a 02		01 a 02
São José de Caiana	02	01 a 03	01 a 02	01 a 03	01	01 a 02
São José de Espinharas	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
São José de Piranhas	02	01 a 03	01 a 02	01 a 03	01	01 a 02
São José de Princesa		02 a 04		01 a 03		01 a 02
São José do Bonfim	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
São José do Brejo do Cruz		02 a 03		01 a 02		01 a 02
São José dos Ramos	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
São Miguel de Taipú	07 a 16	06 a 17	05 a 15	04 a 16	04 a 14	03 a 15
São Sebastião de Lagoa de Roça	07 a 16	06 a 17	05 a 15	05 a 16	04 a 14	04 a 15
Sapé	06 a 16	05 a 17	05 a 15	04 a 16	04 a 14	03 a 15
Serra da Raiz	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Serra Grande	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Serra Redonda	07 a 15	06 a 16	05 a 14	05 a 15	04 a 13	04 a 14
Serraria	04 a 16	03 a 17	03 a 15	02 a 16	02 a 14	01 a 15
Sertãozinho	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Sobrado	07 a 16	06 a 17	06 a 15	05 a 16	05 a 14	04 a 15
Solânea	05 a 16	04 a 17	04 a 15	03 a 16	03 a 14	02 a 15
Sousa	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Tavares	02	01 a 03	01 a 02	01 a 03	01	01 a 02
Triunfo	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Uiraúna		02		01		01 a 02
Umbuzeiro	11 a 14	09 a 15	10 a 13	08 a 14	09 a 12	07 a 13
Vieirópolis		02		01		01 a 02
Vista Serrana		02		01		01 a 02

## 5.2 – NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA - ZOCLIMA

No método da nova abordagem metodológica (ZOCLIMA), os resultados obtidos de forma gráfica por essa nova metodologia, obtem-se um novo período delimitado, que comparativamente foi empregado não como determinante para indicação do novo período de semeadura, mas desenvolvido e utilizado como complementar ao zoneamento tradicional, filtrando as épocas de plantio já definidas com o(s) período(s) decendial(is) indicado pela nova abordagem metodológica.

Assim, temos a criação de um novo calendário indicativo do plantio do milho de sequeiro para o estado a Paraíba, a partir da comparação dos dois métodos, que se complementam e aperfeiçoam de forma direta o método tradicional do SARRAZON.

A metodologia do ZOCLIMA, apesar de ser mais restritiva, conseguiu filtrar os extremos extrapolantes dos resultados obtidos pelo SARRAZON, que indicava datas de plantio fora do período mais chuvoso da região, tanto no início, quanto no final da estação chuvosa e com isso, os resultados associados dos dois métodos reduzem o risco climático da perda ou quebra de safra do milho de sequeiro.

O método do ZOCLIMA permite apresentar um período limitante mais seguro e a garantia de indicativo climatológico de umidade no solo e de também poder aplicar a metodologia individualmente para cada localidade, garantindo assim, um indicativo do período de semeadura dentro do período mais chuvoso de cada região.

Também como resultado da metodologia do ZOCLIMA, foi observado a indicação período (s) aptos ao plantio e que não estão contemplados no zoneamento tradicional, mas a nova abordagem metodológica, não define a aptidão climática e fenológica que o método tradicional aborda, sendo indicativo da presença de umidade suficiente para o tomador de decisão aproveitar a janela decendial para a semeadura ou de um possível erro gerado nos resultados do SARRAZON e que serve como indicação de revisão do método ou dos dados de entrada.

Apesar da filtragem limitante dos decêndios, que a nova abordagem apresenta, a nova metodologia do ZOCLIMA se apresenta mais rigorosa e restritiva, pois limita o período de plantio indicado nos resultados obtidos pelo SARRAZON, tornando-se uma ferramenta de

redução de riscos climáticos mais poderosa e também podendo ser utilizado como uma visualização gráfica do potencial hídrico de cada município ou de cada localidade escolhida.

Os resultados obtidos pela nova abordagem metodológica do ZOCLIMA, mostra o espaço temporal dentro do período de maior reposição de umidade, dando uma visualização técnica, clara e bem específica ao tomador de decisão do melhor momento a ser definido para o plantio da cultura.

Como restrição vista na nova metodologia, tem-se também a falta de dados observados e séries consistentes existente nos municípios, pois atualmente poucas são as séries de dados completos de variáveis climáticas, sendo muitas vezes limitados a precipitação pluviométrica local, e os demais parâmetros de entrada tendem a ser estimados, tais como a temperatura. Esta restrição, a cada dia se reduz, com o advento da instrumentação automática, que tem disseminado o aparecimento da instalação de novas rede de estações climatológicas e das novas séries que se constroem ao longo do tempo, permitindo assim, o aperfeiçoamento do método proposto e conseqüentemente do próprio zoneamento de risco climático calculado a partir do SARRAZON.

Finalmente, utilizando os resultados complementares da nova abordagem metodológica do ZOCLIMA, em confronto com a atual metodologia do ZARC adotada pelo MAPA (SARRAZON), as figuras e quadros, a seguir, mostram os resultados obtidos para cada município selecionado em cada uma das 23 microrregiões geográficas do estado da Paraíba.

Mostra-se evidente que a aplicação do ZOCLIMA possui menor percentual de risco climático de perda da produção final, pois recomenda que o plantio seja realizado dentro do período mais úmido da região, ou seja, dentro do período caracterizado como estação chuvosa e especificamente dentro do período normal de reposição hídrica de cada município.

Assim, a nova abordagem metodológica leva a redução dos períodos decendiais de plantio ou das épocas de semeaduras, propostas pelo ZARC adotados pelo MAPA, e que se pode verificar pelas simulações executadas nas 23 microrregiões e seus respectivos municípios exemplos.

Microrregião de Cajazeiras / Município de Cajazeiras

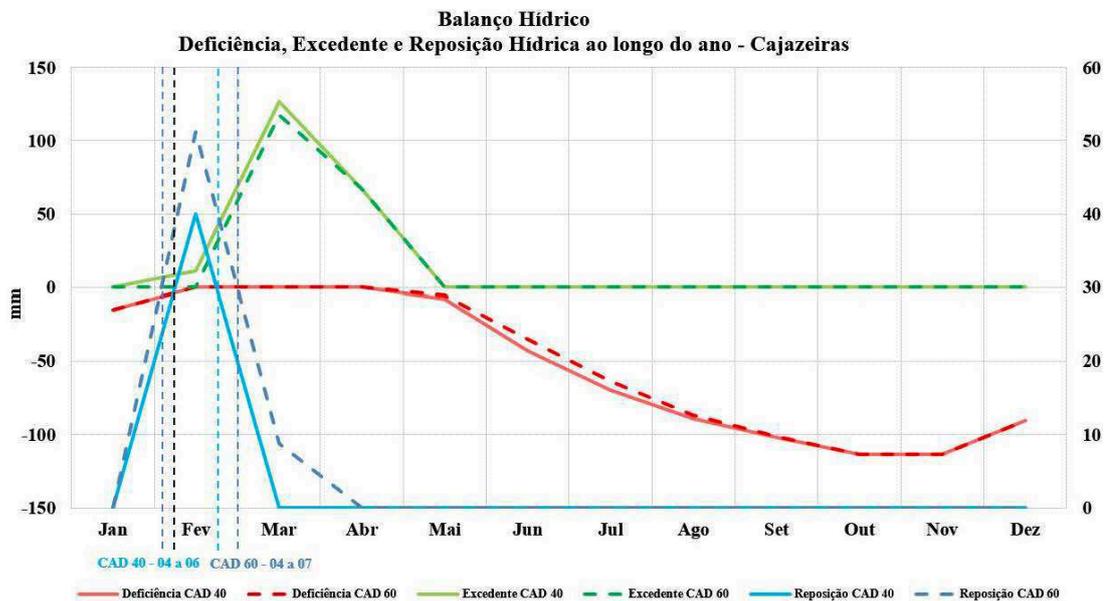


Figura 20 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Cajazeiras

Quadro 07 – Datas aptas para o plantio - Município de Cajazeiras

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Cajazeiras - SARRAZON	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Cajazeiras – ZOCLIMA	04 a 06	04 a 07	04 a 06	04 a 07	04 a 06	04 a 07
Cajazeiras – Adaptado	----	----	----	----	----	----

Para exemplificar, inicialmente como aplicação potencial e real da nova abordagem metodológica, temos que nesse primeiro caso, no município de Cajazeiras, microrregião de Cajazeiras, as datas decendiais do zoneamento tradicional SARRAZON, não foram compatíveis com os resultados da nova abordagem metodológica proposta, e neste caso, não há datas aptas complementares, indicadas pelo ZOCLIMA, para a semeadura do milho de sequeiro em períodos concorrentes entre os métodos. Assim, de acordo com a nova abordagem metodológica, há incoerência entre os períodos analisados e deste modo, o período de adaptação complementar entre os métodos não recomenda o plantio do milho de sequeiro.

Tem-se que o método do zoneamento utilizando o SARRAZON, indicou períodos de semeadura entre os decêndios de 01 a 03, o que corresponde as datas de 01 a 30 de janeiro, considerada como pré-estação chuvosa, período muito irregular de chuvas e que não

contempla o período mais chuvoso do município, sendo que a estação chuvosa está classificada entre os meses de fevereiro a maio, para a microrregião de Cajazeiras.

Assim, os resultados da nova abordagem mostram-se muito mais coerentes, pois ao indicar a janela temporal de decêndios favoráveis entre 04 a 07, está indicando o período compreendido entre 01 de fevereiro a 10 de março, o que se adequa plenamente ao período mais chuvoso da microrregião, e conseqüentemente do município de Cajazeiras, sendo assim muito coerente e confiável, a aplicação e validade do método ZOCLIMA.

#### Microrregião de Sousa / Município de Sousa

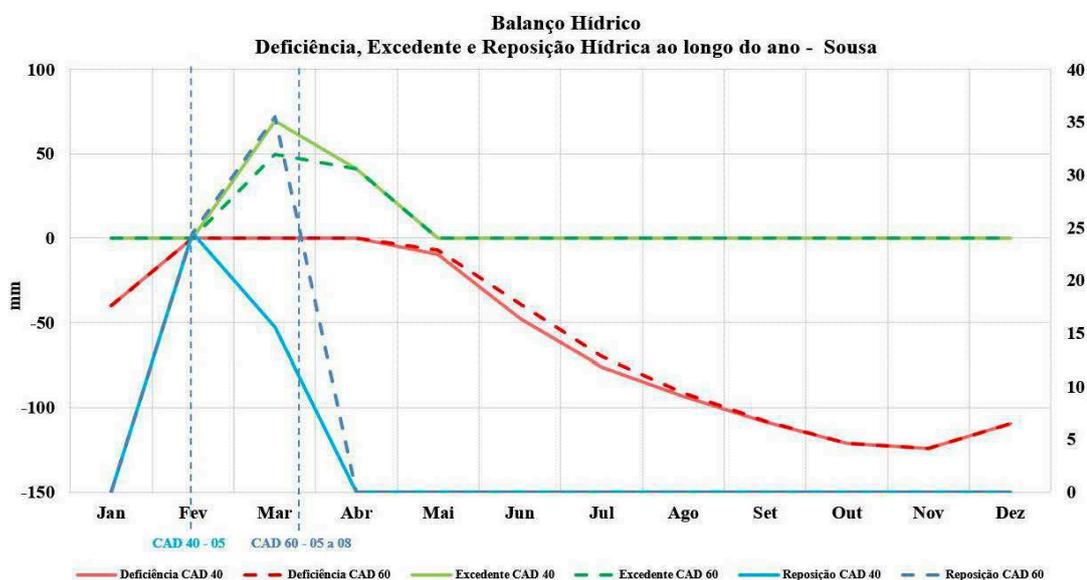


Figura 21 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Sousa

#### Quadro 08 – Datas aptas para o plantio - Município de Sousa

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Sousa - SARRAZON	02	01 a 03	01 a 02	01 a 02	01	01 a 02
Sousa – ZOCLIMA	05	05 a 08	05	05 a 08	05	05 a 08
Sousa – Adaptado	----	----	----	----	----	----

Na microrregião de Sousa, no município de Sousa o método do zoneamento do SARRAZON, traz datas aptas fora do período normal climatológico das chuvas, indicando assim, datas de plantio, na pré-estação chuvosa, o que não se adequam ao propósito de redução de riscos climáticos.

Neste caso, a nova abordagem metodológica (ZOCLIMA), não indicou períodos que possam ser complementados, sendo assim, não houve adaptação e sugestão de readequação do métodos, mas mostrando com isso, que o SARRAZON, não está coerente com a realidade local do município de Sousa, já que seu período mais chuvoso concentra-se entre os meses de fevereiro a maio, período indicado pelo ZOCLIMA.

#### Microrregião de Itaporanga / Município de Itaporanga

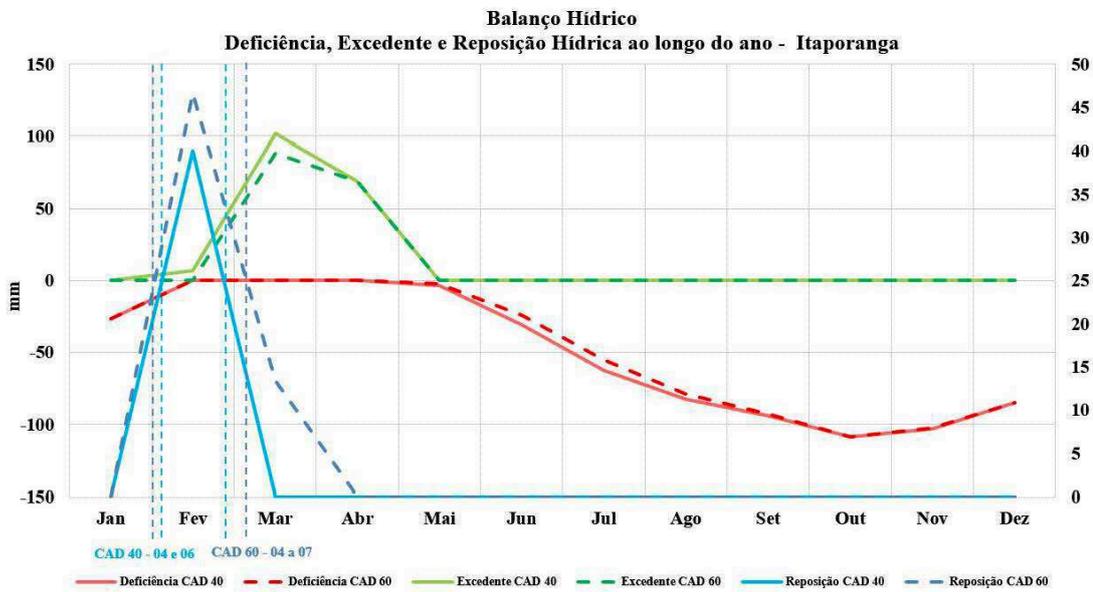


Figura 22 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Itaporanga

#### Quadro 09 – Datas aptas para o plantio - Município de Itaporanga

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Itaporanga - SARRAZON	----	02 a 03	----	01 a 02	----	01 a 02
Itaporanga – ZOCLIMA	04 a 06	04 a 07	04 a 06	04 a 07	04 a 06	04 a 07
Itaporanga – Adaptado	----	03	----	----	----	----

Na microrregião de Itaporanga, município de Itaporanga, as datas aptas de plantio entre o método SARRAZON e ZOCLIMA, praticamente não convergem e o SARRAZON, indica a época de semeadura fora da estação chuvosa, e assim, não permite garantia hídrica. A convergência entre os dois métodos dá apenas o decêndio 03 como data de menor risco. Assim, prova-se a validade da nova abordagem metodológica, com a adaptação dos períodos

mais favoráveis ao plantio, em concordância com o método proposto neste trabalho, reduzindo assim os risco climáticos para o agricultor.

#### Microrregião da Serra do Teixeira / São José de Princesa

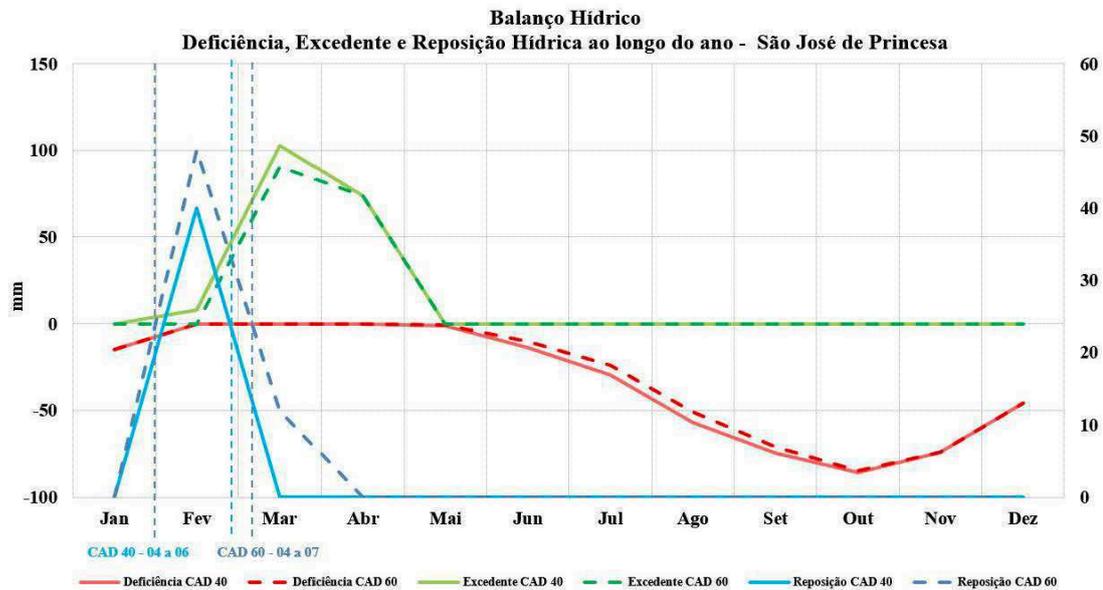


Figura 23 – Resultado do ZOCLIMA para o município de São José de Princesa

#### Quadro 10 – Datas aptas para o plantio - Município de São José de Princesa

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
São José de Princesa - SARRAZON		02 a 04		01 a 03		01 a 02
São José de Princesa – ZOCLIMA	04 a 06	04 a 07	04 a 06	04 a 07	04 a 06	04 a 07
São José de Princesa – Adaptado	----	04	----	----	----	----

Para a microrregião da Serra do Teixeira, no município de São José de Princesa, há poucos períodos decendiais favoráveis, e que também não se adequam ao período mais chuvoso da microrregião, sendo convergente o decêndio 04, 01 a 10 de fevereiro, início da Quadra 1, e que corresponde também ao indicado pelo ZOCLIMA, mostrando a sua coerência complementar ao método do ZARC do SARRAZON.

Deste modo o método do ZOCLIMA converge para ajustar, como decêndio mais favorável o decêndio 04, que corresponde ao período mais adequado a semeadura do milho de

sequeiro, reduzindo assim, o risco climático para esse cultivar, no município de São José de Princesa.

### Microrregião do Piancó / Município de Emas

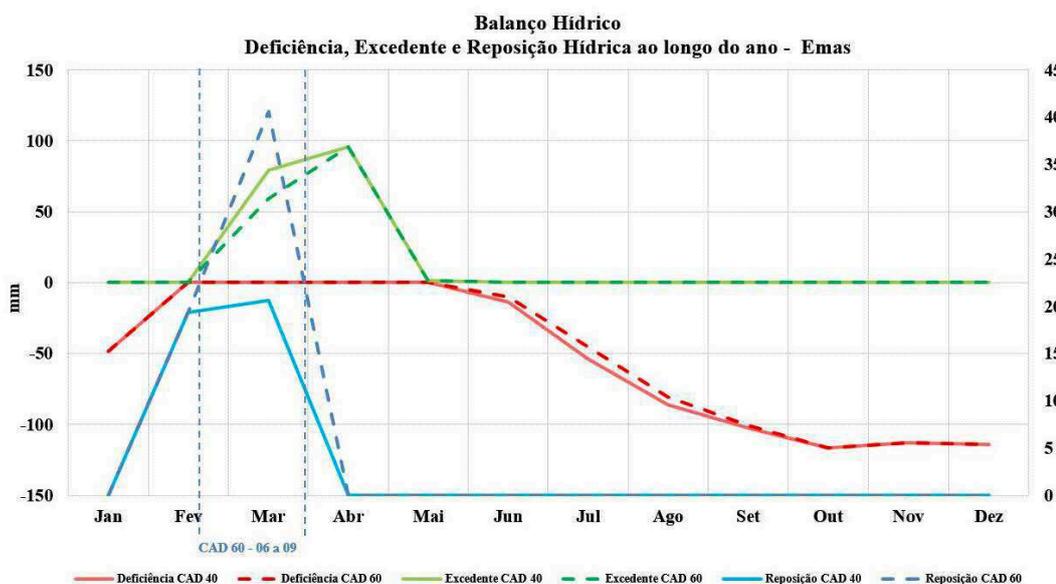


Figura 24 – Resultado do ZOCLIMA para o município de EMAS

### Quadro 11 – Datas aptas para o plantio - Município de EMAS

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Emas - SARRAZON		03		02		01 a 02
Emas – ZOCLIMA	----	06 a 09	----	06 a 09	----	06 a 09
Emas – Adaptado	----	----	----	----	----	----

Para a microrregião de Piancó, município da Emas, o método ZOCLIMA também mostra inconsistência entre datas recomendadas pelo ZARC do SARRAZON, que faz a indicação das datas decendiais fora do quadrimestre mais chuvoso e a nova abordagem dá indicativos, mais consistentes, dentro do período de fevereiro a maio, que é a realidade do período chuvoso climatológico da microrregião.

Mesmos assim, pela ausência de datas decendiais concorrentes os métodos não se complementam ficando sem datas para ajustar o método tradicional do ZARC SARRAZON, pela nova abordagem metodológica ZOCLIMA.

Microrregião de Catolé do Rocha / Município de Riacho dos Cavalos

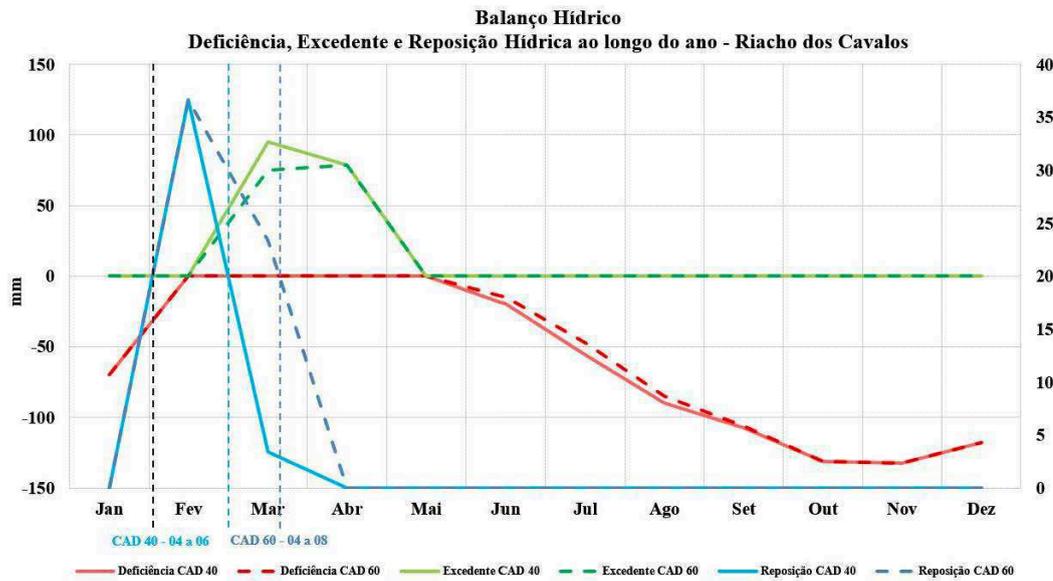


Figura 25 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Riacho dos Cavalos

Quadro 12 – Datas aptas para o plantio - Município de Riacho dos Cavalos

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Riacho dos Cavalos - SARRAZON	----	03	----	02	----	01 a 02
Riacho dos Cavalos – ZOCLIMA	04 a 06	04 a 08	04 a 06	04 a 08	04 a 06	04 a 08
Riacho dos Cavalos – Adaptado	----	----	----	----	----	----

Para a microrregião de Catolé do Rocha, município de Riacho dos Cavalos, o ZARC efetuado utilizando o SARRAZON, não apresentou datas concorrentes com a nova abordagem metodológica ZOCLIMA, e assim, o período indicado não se mostra propício a semeadura do milho de sequeiro, apresentando por este indicativo alto risco climático.

Deste modo, de acordo com o ZOCLIMA, há incoerência entre os períodos, e assim, o período de adaptação complementar entre os métodos não recomenda o plantio do milho de sequeiro, pois os períodos indicados pelo SARRAZON, novamente mostraram datas aptas fora do período mais chuvoso da região, ficando o mesmo fora do período da estação chuvosa, onde as chuvas são muito irregulares e de menor frequência.

Microrregião de Patos / Município de Patos

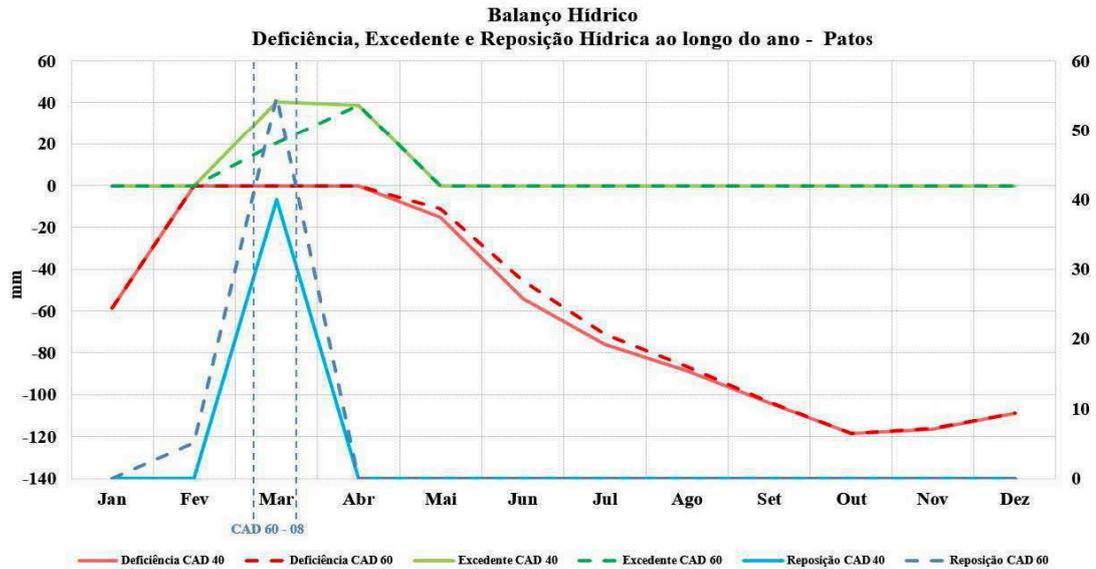


Figura 26 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Patos

Quadro 13 – Datas aptas para o plantio - Município de Patos

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Patos - SARRAZON		03		02		01 a 02
Patos – ZOCLIMA	----	08	----	08	----	08
Patos – Adaptado	----	----	----	----	----	----

Na microrregião de Patos, para o município exemplo, Patos, o método utilizando o ZARC do SARRAZON, também apresentou neste caso, uma única data e conceitualmente muito fora do período, mais chuvoso da região, sendo inconsistente na prática, como método de redução dos riscos climáticos, já que indicou o decêndio 03 como apto a semeadura do milho de sequeiro, totalmente fora do período climatológico de chuvas da microrregião.

Por outro lado, o resultado do ZOCLIMA, se mostrou muito mais coerente, dando indicativo de data decendial 08, o que mostra o período de 11 a 20 de março, período coerente e totalmente dentro do quadrimestre mais chuvoso da microrregião.

Neste caso, o período adaptado, não correspondeu a nenhum decêndio, pela falta de datas concorrentes entre os métodos e na concepção da nova abordagem metodológica, sendo que a mesma deve ser complementar ao zoneamento de risco climático do SARRAZON, e

não substituí-lo, mantendo-se a metodologia aceita e recomendada pelo MAPA, como resultado oficial.

Por outro lado, mostra-se na prática que a coerência da nova abordagem metodológica, serve de parâmetro para o agricultor poder ter uma ferramenta de norteamento, na ausência de períodos consistentes no SARRAZON e tornar a questionar datas decendiais inconsistentes e que são divulgadas oficialmente na política agrícola governamental.

#### Microrregião do Seridó Ocidental Paraibano / Município de Várzea

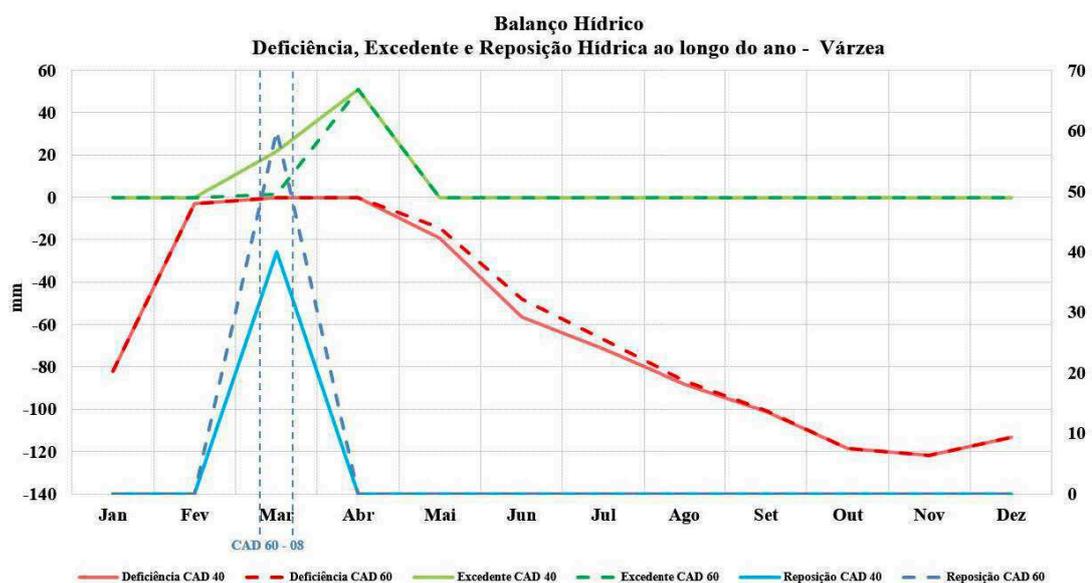


Figura 27 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Várzea

#### Quadro 14 – Datas aptas para o plantio – Município de Várzea

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Várzea – SARRAZON	----	----	----	----	----	----
Várzea – ZOCLIMA	08	08	08	08	08	08
Várzea – Adaptado	----	----	----	----	----	----

Na microrregião do Seridó Ocidental Paraibano, o ZARC do SARRAZON, não trouxe indicativo de datas aptas ao plantio do milho de sequeiro, enquanto que o ZOCLIMA mostra o decêndio 08, como sendo mais provável e o mesmo se encontra dentro do período mais chuvoso da microrregião, Quadra 01, fevereiro a maio. Sendo assim, pela proposta metodológica de convergência entre os métodos, neste caso, também não houve período

adaptado, por falta de indicação do zoneamento de risco SARRAZON, mas há um indicativo de possível data a ser utilizada pelo tomador de decisão.

Agora avaliando pela nova abordagem metodológica dos resultados do ZOCLIMA, o decêndio 08 indica condições de aptidão hídrica para plantio no período compreendido entre 11 a 20 de março, que tradicionalmente e regionalmente é a data mais provável para a semeadura do milho neste município e representa o período coincidente com o dia 19 de março (dia de São José, popularmente conhecido como “Padroeiro das Chuvas”), onde tipicamente se planta a cultura do milho em regime de sequeiro, com grande probabilidade de sucesso e é conhecido como a data de plantar o milho do São João, ou seja, plantar no dia de São José para colher durante o período das festas juninas, e de acordo com Silva (2013), “o último dia considerado como experiência, em relação ao período adequado à semeadura, é 19 de março, dia de São José. Se nesse dia chover, pode plantar que colhe; agora, se não chover, significa que mesmo que chova dias à frente não será suficiente para a maturação das culturas semeadas.”, assim, temos que o saber popular interagindo e provando os fatos científicos apresentados na nova abordagem desenvolvida neste trabalho.

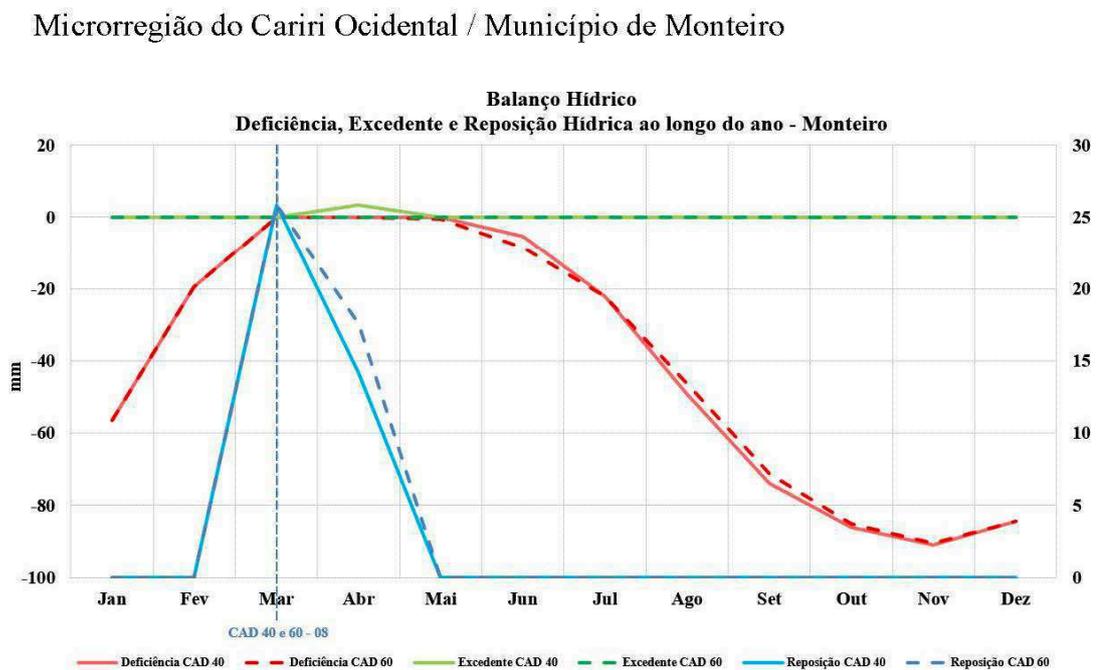


Figura 28 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Monteiro

Quadro 15 – Datas aptas para o plantio - Município de Monteiro

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Monteiro - SARRAZON	----	----	----	----	----	----
Monteiro – ZOCLIMA	08	08	08	08	08	08
Monteiro – Adaptado	----	----	----	----	01	----

Neste exemplo, para a microrregião do Cariri Ocidental, município de Monteiro, apesar do resultado da nova abordagem metodológica ter dado uma data possível para o plantio do milho de sequeiro, semelhante ao exemplo de Várzea, o zoneamento baseado no SARRAZON não indicou datas aptas a semeadura, mesmo assim, a análise do balanço hídrico indica um coerente acerto do método SARRAZON em virtude de não haver excedente de umidade durante todo o período necessário ao desenvolvimento da cultivar, que é no mínimo 100 dias (ciclo curto).

Tem-se que, apesar do método da nova abordagem ter indicado data sensível a ter umidade suficiente no balanço para que se considere como data apta a indicação da semeadura, a mesma não foi coincidente com os resultados do ZARC do modelo SARRAZON e assim não pode ser considerada, já que a nova abordagem metodológica é um modelo balizador e complementar aos resultados.

#### Microrregião do Seridó Oriental Paraibano

Na microrregião do Seridó Oriental Paraibano, nenhum dos municípios da microrregião trouxe datas aptas de plantio, nem no método tradicional do SARRAZON, quanto na nova abordagem metodológica do ZOCLIMA, ficando assim, sem indicação favorável ao plantio de sequeiro que compense o risco climático da semeadura na microrregião.

Microrregião do Cariri Oriental / Município de Alcantil

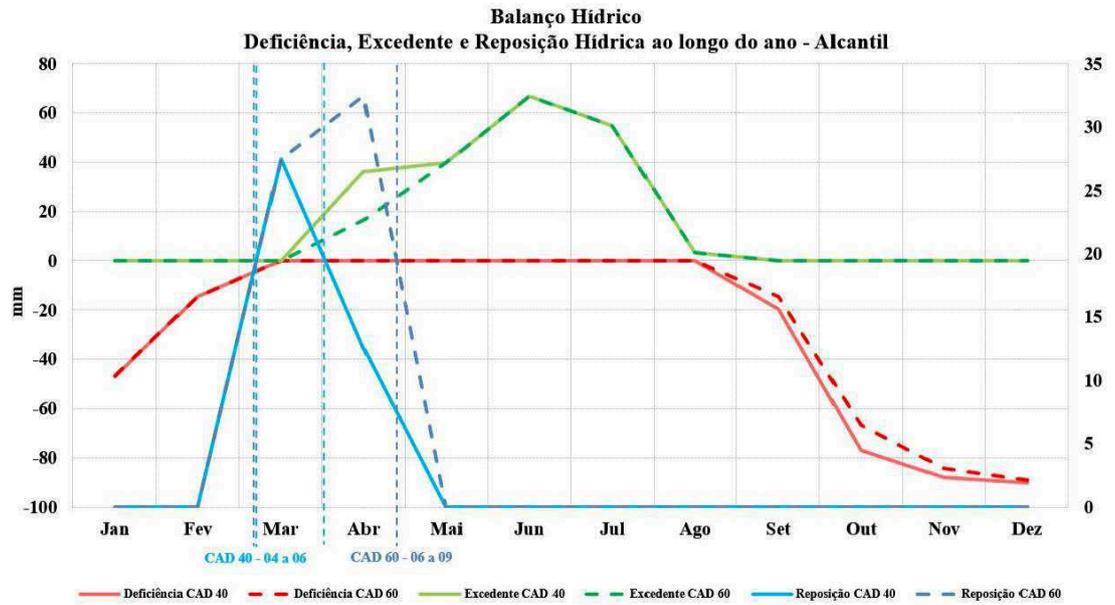


Figura 29 - Resultado do ZOCLIMA para o município de Alcantil

Quadro 16 – Datas aptas para o plantio - Município de Alcantil

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Alcantil - SARRAZON						
Alcantil – ZOCLIMA	08 a 09	14 a 15	08 a 09	14 a 15	08 a 09	14 a 15
Alcantil - Adaptado	----	----	----	----	----	----

Microrregião de Campina Grande / Município de Campina Grande

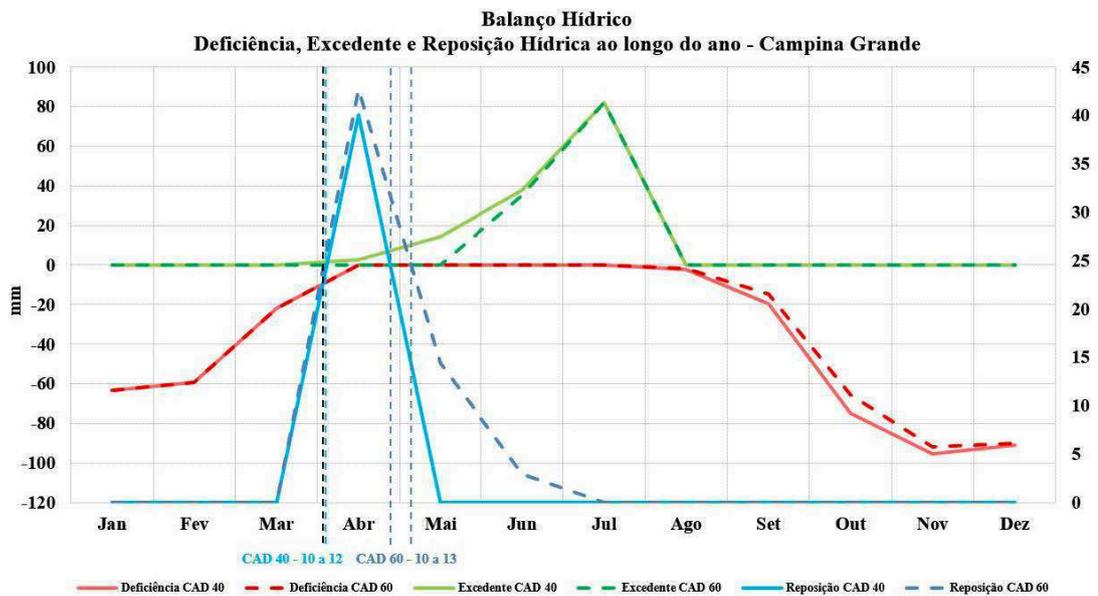


Figura 30 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Campina Grande

Quadro 17 – Datas aptas para o plantio - Município de Campina Grande

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Campina Grande - SARRAZON	10 a 13	09 a 14	09 a 12	08 a 13	08 a 11	07 a 12
Campina Grande – ZOCLIMA	10 a 12	10 a 13	10 a 12	10 a 13	10 a 12	10 a 13
Campina Grande – Adaptado	10 a 12	10 a 13	10 a 12	10 a 13	10 a 11	10 a 12

Neste caso, para o município de Campina Grande, nos dois métodos, os seus resultados de datas aptas ao plantio do milho de sequeiro, foram consistentes e concorrentes e há apenas uma leve discrepância entre o limite superior de datas do zoneamento tradicional, o que é totalmente normal, pois não espera-se que os métodos tenha resultados totalmente iguais, pois o método do SARRAZON, indica áreas aptas ao plantio baseado em métodos de interpolação mais abrangente e que no caso da nova abordagem metodológica procura filtrar o período mais úmido da região de forma adequada ao balanço hídrico daquele município.

Assim, se tem o indicativo de que o ZOCLIMA, mostra-se balizador e consistente para filtrar os resultados dos período aptos do SARRAZON e também mostra-se mais restritivo, apresentando a realidade do período chuvoso local e a assim, reduzindo o risco climático inerente a região em questão.

#### Microrregião de Esperança / Município de São Sebastião de Lagoa de Roça

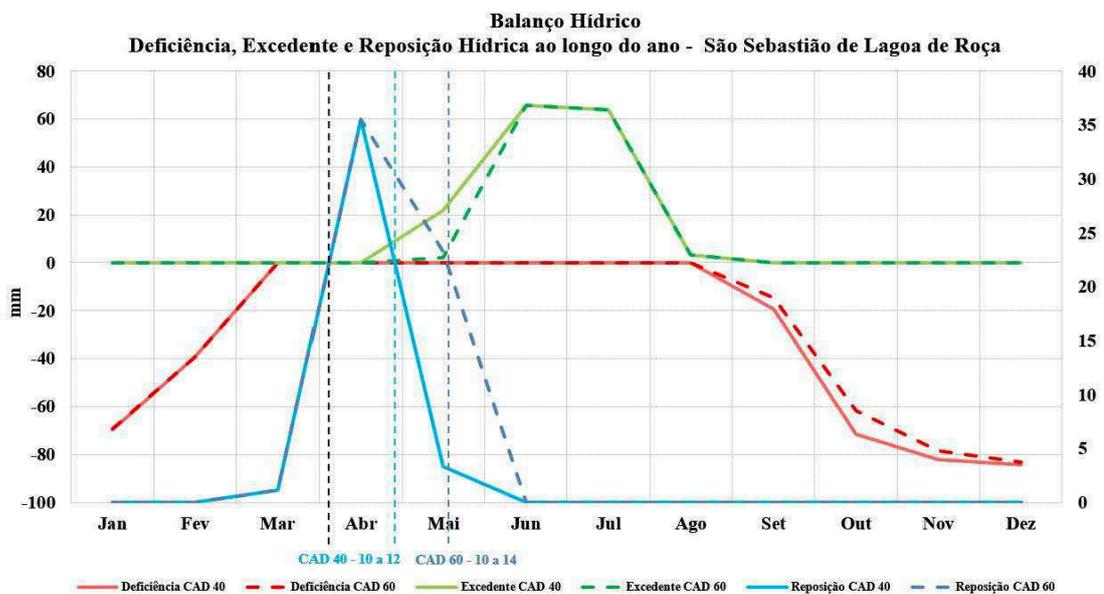


Figura 31 – Resultado do ZOCLIMA para o município de São Sebastião de Lagoa de Roça

Quadro 18 – Datas aptas para o plantio - Município de São Sebastião de Lagoa de Roça

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Esperança - SARRAZON	07 a 16	06 a 17	05 a 15	05 a 16	04 a 14	04 a 15
Esperança – ZOCLIMA	10 a 12	10 a 14	10 a 12	10 a 14	10 a 12	10 a 14
Esperança – Adaptado	10 a 12	10 a 14	10 a 12	10 a 14	10 a 12	10 a 14

Novamente os resultados, para a microrregião de Esperança, município de Esperança, do método ZOCLIMA mostrou-se coerente e também serviu de filtro balizador, para os resultados do método oficial do zoneamento de risco climático utilizado pelo MAPA, evitando a indicação de datas de plantio fora do período mais chuvoso da microrregião, e que podemos ver o indicativo de datas no decêndio 17, que é de 11 a 20 de junho, considerado período já tardio para o plantio do milho de sequeiro para 100 dias.

Assim, comprova-se novamente a validade do aproveitamento da metodologia do ZOCLIMA, como ferramenta complementar e balizadora ao ZARC oficial, adotado pelo MAPA.

#### Microrregião do Brejo Paraibano / Município de Alagoa Nova

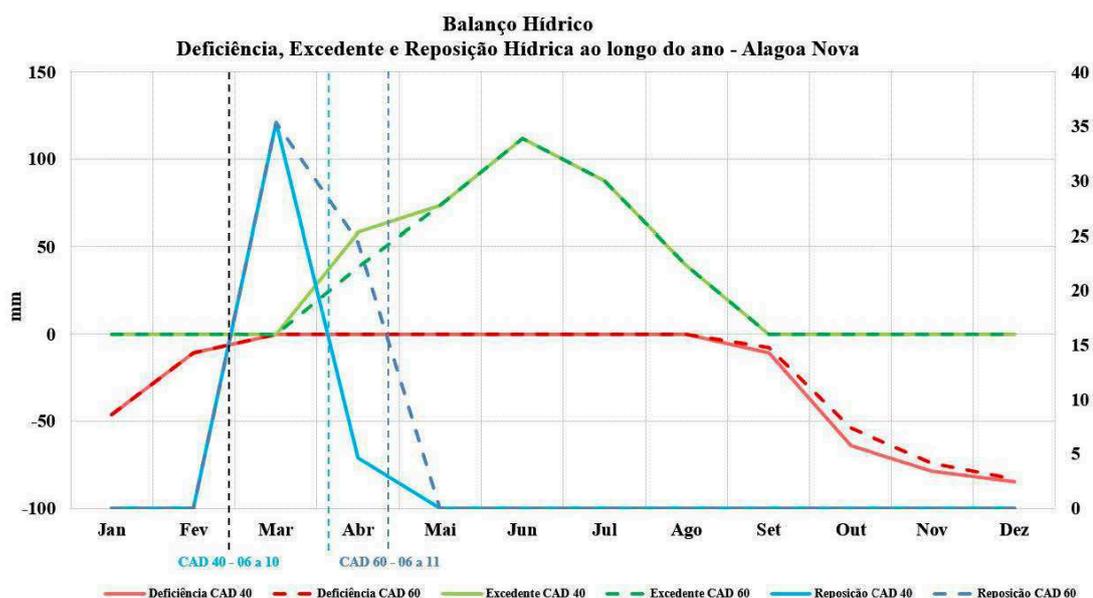


Figura 32 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Alagoa Nova

Quadro 19 – Datas aptas para o plantio - Município de Alagoa Nova

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Alagoa Nova – Sarrazon	03 a 16	02 a 18	02 a 15	01 a 16	01 a 14	01 a 15
Alagoa Nova – ZOCLIMA	06 a 10	06 a 11	06 a 10	06 a 11	06 a 10	06 a 11
Alagoa Nova – Adaptado	06 a 10	06 a 11	06 a 10	06 a 11	06 a 10	06 a 11

Para a microrregião do Brejo Paraibano, no município de Alagoa Nova, o zoneamento apontado pelo método do SARRAZON, indica datas aptas ao plantio do milho de sequeiro (ciclo de 100 dias), tanto para CAD 40, quanto para CAD 60, no período incorporado do decêndio 03 a 18 (21 de janeiro a 30 de junho).

Nestes resultados no zoneamento tradicional do SARRAZON, observa-se que no CAD 60, milho ciclo 100 dias, a indicação do período apto no decêndio 18 leva a indicação da data de plantio entre 21 e 30 de junho, que projeta uma colheita, para este cultivar, para o período entre 29 de setembro e 08 de outubro, pleno período de estiagem nesta microrregião e consequentemente no município de Alagoa Nova.

Este período proposto pela metodologia do SARRAZON (29 de setembro e 08 de outubro), na prática não se adequa ao período normal de chuvas da microrregião, que climatologicamente é definido dentro do quadrimestre de abril a julho, e posterior a isto, na realidade é o período de deficiência de água, ou seja, inicia-se o período normal de estiagem e que em uma região semiárida acarreta perda ou quebra de produtividade.

Vale salientar, que a abordagem inicial, apresentou incoerência também na data inicial, pois a indicação do decêndio 03, como início de período apto para semeadura, também está fora do período mais chuvoso da região.

Os resultados do ZOCLIMA restringem as datas de plantio no máximo ao decêndio 11 (11 a 20 de abril), o que projeta, no mesmo caso, do milho de ciclo 100 dias, uma colheita para o período entre 20 e 29 de julho, período normal de chuvas da região, o que na teoria não exporia o cultivar a estresse hídrico, que é inerente ao período normal de estiagem. O que diferentemente, foi proposto como resultado de datas aptas do modelo SARRAZON e atualmente adotado pelo MAPA, como metodologia oficial de políticas públicas.

Assim, agregando os resultados da nova abordagem metodológica, o novo ciclo de semeadura fica restrito a indicação dos decêndios entre 06 a 11, ou seja, de 21 de fevereiro a

20 de abril, muito mais coerente com a período mais chuvoso da região e que garantiria mais sucesso ao desenvolvimento da prática agrícola, restringindo o risco climático e dando mais garantia de colheita do milho ao agricultor.

### Microrregião de Umbuzeiro / Município de Natuba

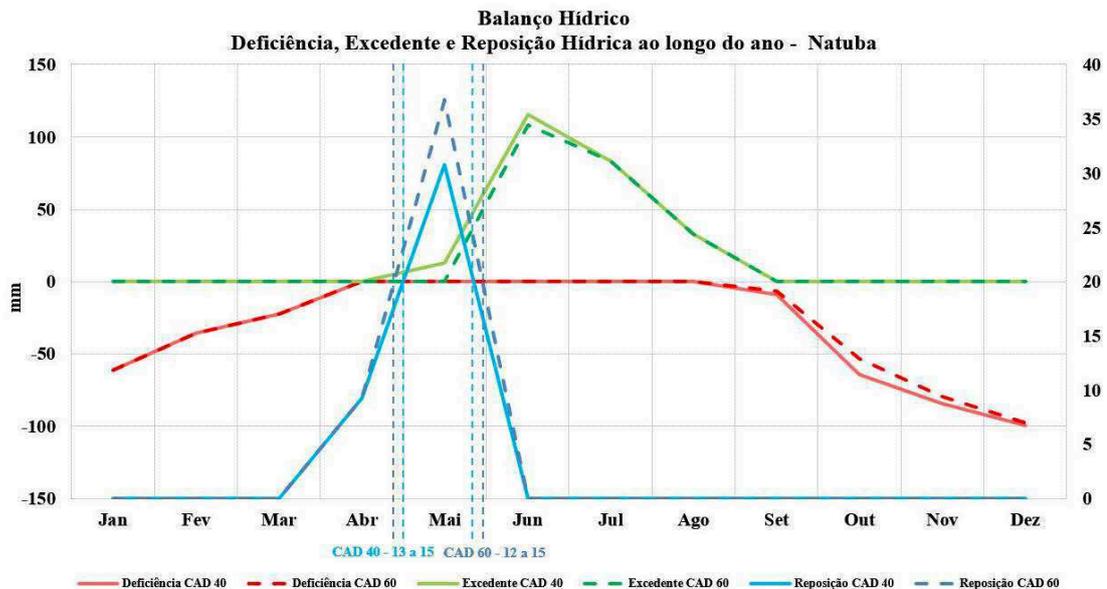


Figura 33 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Natuba

### Quadro 20 – Datas aptas para o plantio - Município de Natuba

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Natuba - SARRAZON	11 a 12	10 a 13	09 a 11	09 a 12	08 a 10	08 a 11
Natuba – ZOCLIMA	13 a 15	12 a 15	13 a 15	12 a 15	13 a 15	12 a 15
Natuba – Adaptado	----	12 a 13	----	12	----	----

Na microrregião de Umbuzeiro, município de Natuba, há limitações de datas em relação a nova abordagem metodológica, sendo que mesma restringe a indicação dos decêndios propostos pelo zoneamento de riscos do SARRAZON, limitando a sugestão de adaptação aos decêndios 12 a 13, ficando adequado, dentro do período chuvoso da Quadra 2 (abril a julho), mantendo-se assim, os resultados esperados para o período mais chuvoso da microrregião de Umbuzeiro e utilizando o ZOCLIMA como readequador das datas aptas.

## Microrregião do Curimataú Oriental / Município de Dona Inês

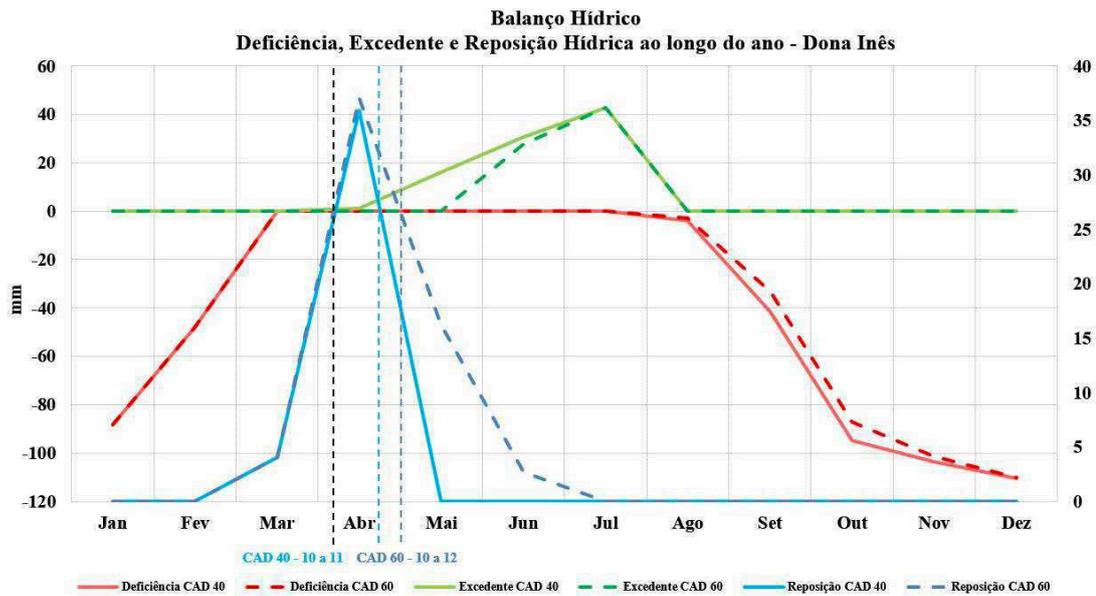


Figura 34 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Dona Inês

## Quadro 21 – Datas aptas para o plantio – Município de Dona Inês

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Dona Inês – SARRAZON	09 a 14	08 a 15	07 a 13	06 a 14	06 a 12	05 a 13
Dona Inês – ZOCLIMA	10 a 12	10 a 13	10 a 12	10 a 13	10 a 12	10 a 13
Dona Inês – Adaptado	10 a 12	10 a 13	10 a 12	10 a 13	10 a 12	10 a 13

Na microrregião do Curimataú Oriental, exemplo para o município de Santa Inês, os resultados apresentados pela metodologia do SARRAZON, se mostraram muito abrangentes e com datas foram do período chuvoso normal da região, dando indicativos falsos de que há segurança hídrica para o plantio. Assim, a metodologia do ZOCLIMA, mais restritiva e mais otimizada para resultados dentro do período mais chuvoso da região dá o norte para regular os resultados para um menor risco agrícola e assim, o período adaptado dá indicativos mais coerentes e dentro do período chuvoso como mostrado no quadro 21.

## Microrregião do Curimataú Ocidental / Município de Arara

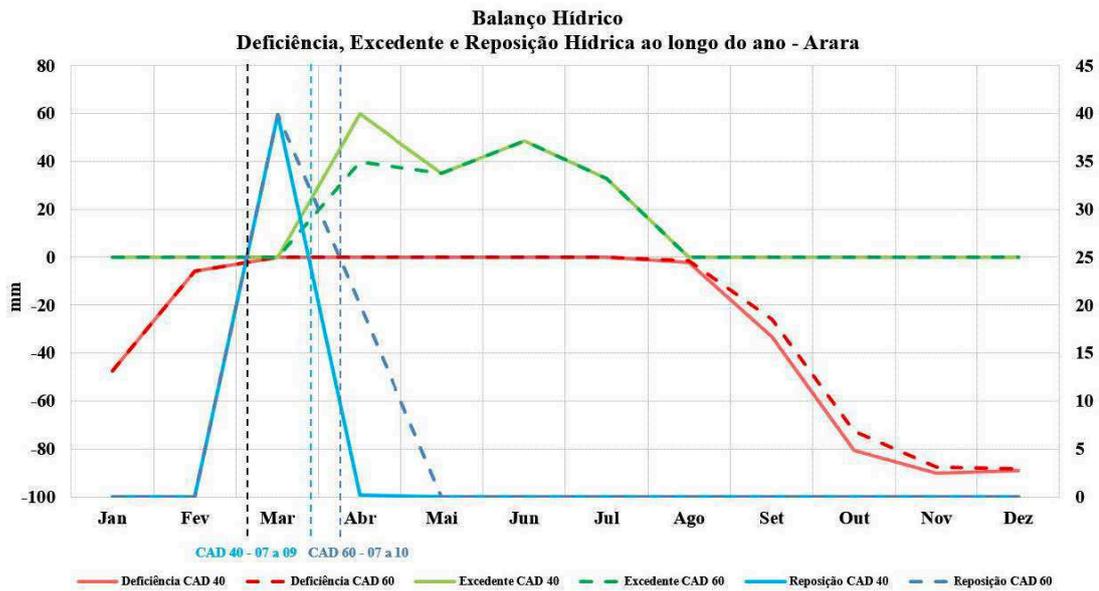


Figura 35 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Arara

## Quadro 22 – Datas aptas para o plantio - Município de Arara

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Arara - SARRAZON	06 a 16	04 a 17	04 a 15	03 a 16	03 a 14	06 a 16
Arara – ZOCLIMA	07 a 09	07 a 10	07 a 09	07 a 10	07 a 09	07 a 10
Arara – Adaptado	07 a 09	07 a 10	07 a 09	07 a 10	07 a 09	07 a 10

Para a microrregião do Curimataú Ocidental, no município de Arara, notadamente o método ZOCLIMA apresentou-se coerente com o SARRAZON e ambos os métodos mostraram datas aptas concorrentes, e assim, novamente a nova abordagem metodológica do ZOCLIMA servirá de balizamento ao ajuste do método tradicional, filtrando datas aptas que dão indicativo que estão fora do período mais chuvoso da microrregião.

Sendo assim, novamente o ZOCLIMA, válida e se mostra consistente, como elemento de aperfeiçoamento, reduzindo os riscos climáticos de insucessos na colheita do milho de sequeiro.

Para a microrregião do Curimataú Oriental, município de Dona Inês, o método da nova abordagem mostrou-se coerente e também serviu de filtro complementar para os resultados do método oficial do ZARC utilizado pelo MAPA, evitando a indicação de datas de plantio fora do período mais chuvoso da microrregião.

Microrregião de Guarabira / Município de Guarabira

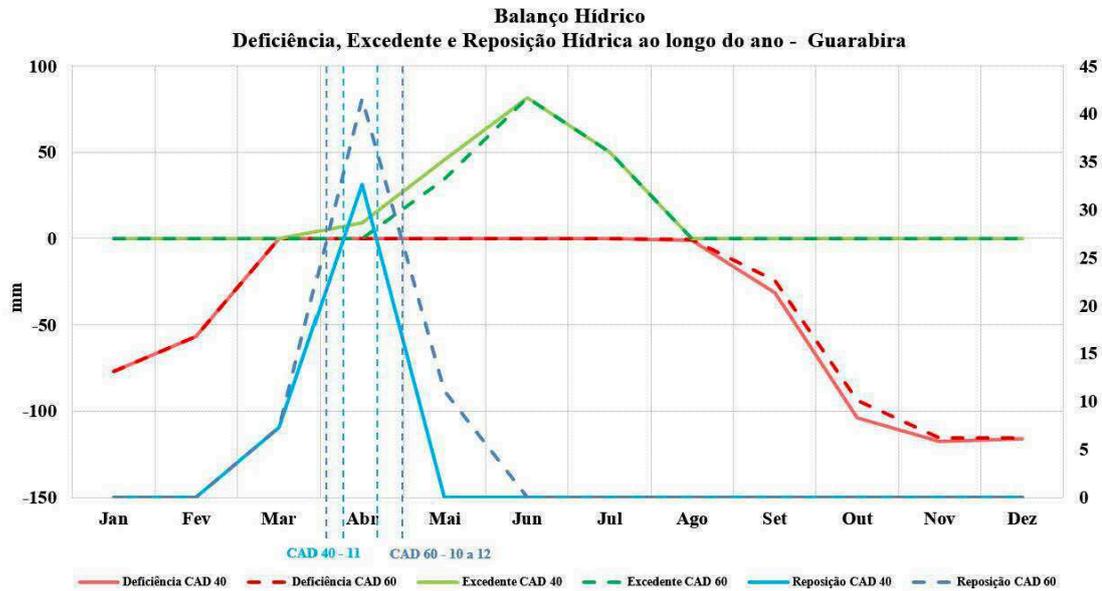


Figura 36 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Guarabira

Quadro 23 – Datas aptas para o plantio - Município de Guarabira

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Guarabira - SARRAZON	07 a 15	06 a 16	06 a 14	05 a 15	05 a 13	04 a 14
Guarabira – ZOCLIMA	11	10 a 12	11	10 a 12	11	10 a 12
Guarabira – Adaptado	11	10 a 12	11	10 a 12	11	10 a 12

Para a microrregião de Guarabira, município de Guarabira, a análise também demonstrou que a aplicação da nova abordagem metodológica também é de muita valia para a garantia do sucesso e redução dos riscos climáticos para a cultura do milho de sequeiro, já que o método tradicional indica datas aptas, também fora do período mais chuvoso da região, entre os decêndios 05 (11 a 20 de fevereiro), e 16 (01 a 10 de junho).

Estas datas indicadas pelo ZARC do SARRAZON, mostram datas aptas, fora do período mais chuvoso da microrregião (decêndio 05) e extrapola as condições para colheita do milho de sequeiro 100 dias, pois utilizando a data indicada como apta no decêndio 16, colocaríamos sobre risco e sujeita a estresse hídrico, o período da colheita que seria projetada para 18 de setembro de 2017, pleno período de estiagem da microrregião.

Assim, novamente justifica-se restringir o período indicado, com as datas previstas na nova abordagem metodológica proposta e adaptando o método tradicional a um menor risco climático.

#### Microrregião de Itabaiana / Município de Gurinhém

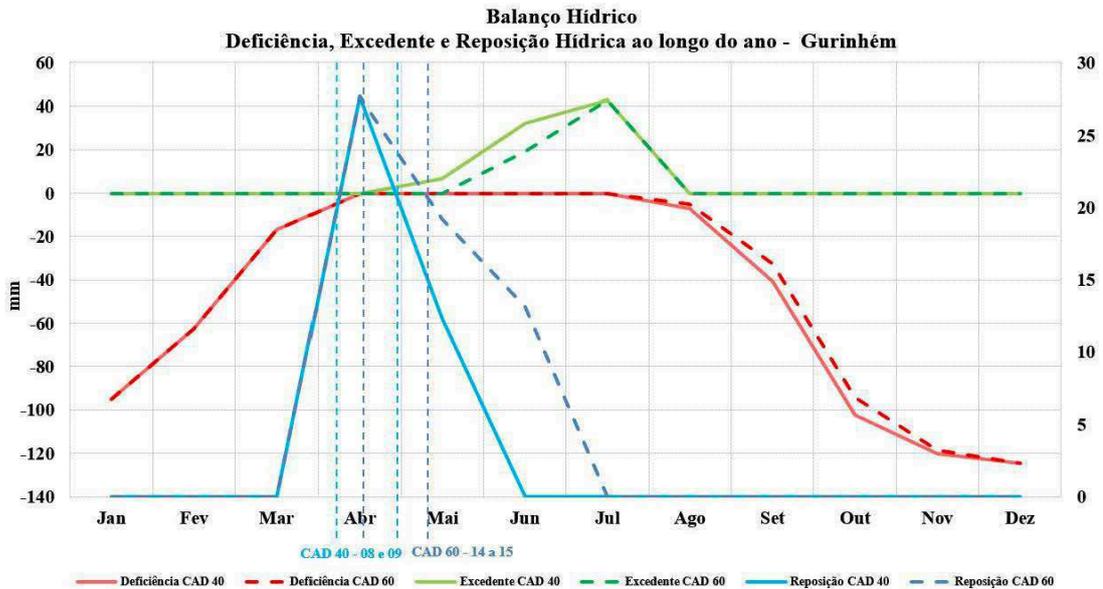


Figura 37 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Gurinhém

#### Quadro 24 – Datas aptas para o plantio - Município de Gurinhém

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Gurinhém - SARRAZON	07 a 15	07 a 16	06 a 14	06 a 15	05 a 13	05 a 14
Gurinhém – ZOCLIMA	08 a 09	14 a 15	08 a 09	14 a 15	08 a 09	14 a 15
Gurinhém - Adaptado	08 a 09	14 a 15	08 a 09	14 a 15	08 a 09	14

Na microrregião de Itabaiana, município de Gurinhém, as datas indicadas pelo SARRAZON, novamente extrapolam o período entre o início e fim da estação chuvosa para esta região, devendo assim, para uma maior garantia hídrica para todas as fases fenológicas do milho de sequeiro, adaptar os resultados obtidos pelo SARRAZON com a utilização dos indicados pelo ZOCLIMA, readequando os períodos de plantio aptos que foram indicados, tendo assim a obtenção de um menor risco climático e um plantio mais adequado ao período chuvoso da região, como observado no quadro 24 (Gurinhém – Adaptado).

## Microrregião do Litoral Norte / Município de Mamanguape

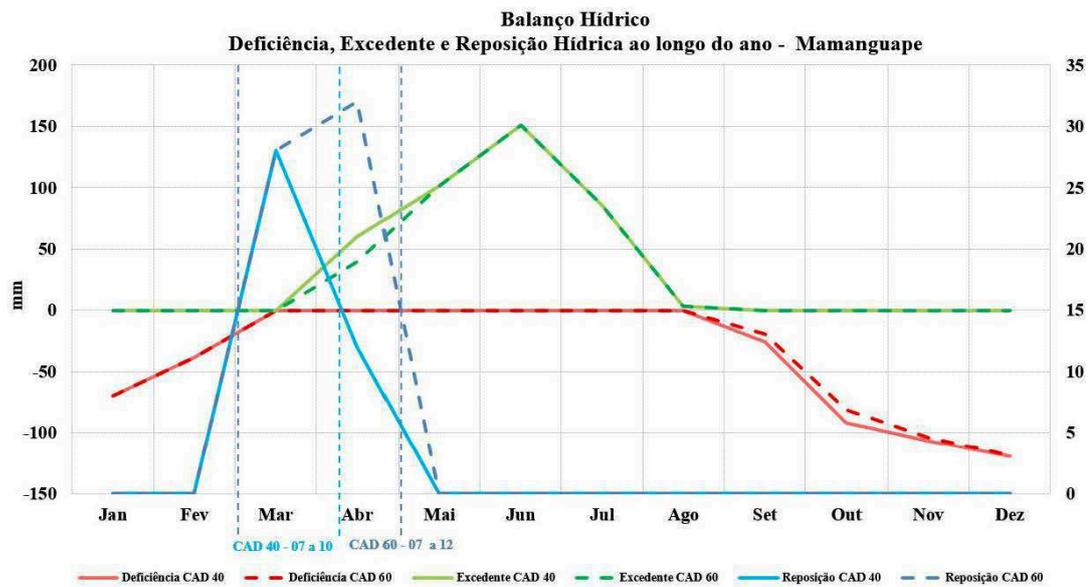


Figura 38 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Mamanguape

## Quadro 25 – Datas aptas para o plantio - Município de Mamanguape

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Mamanguape - SARRAZON	06 a 15	05 a 16	05 a 14	04 a 15	04 a 13	03 a 14
Mamanguape – ZOCLIMA	07 a 10	07 a 12	07 a 10	07 a 12	07 a 10	07 a 12
Mamanguape – Adaptado	07 a 10	07 a 12	07 a 10	07 a 12	07 a 10	07 a 12

Para a microrregião do Litoral Norte, no município de Mamanguape, os dois métodos demonstram-se consistentes, embora o SARRAZON ainda extrapole datas de plantio no final do período chuvoso, mostrando o decêndio 16 como apto, o que realmente encontra-se muito longe para sucesso da cultura para o plantio de sequeiro neste município. Assim, o ZOCLIMA, cumpre seu papel indicando um período mais coerente e restringindo estas datas, reduzindo o risco climático inerente e indicando datas mais seguras para semeadura e consequente colheita do milho de sequeiro.

## Microrregião de Sapé / Município de Sapé

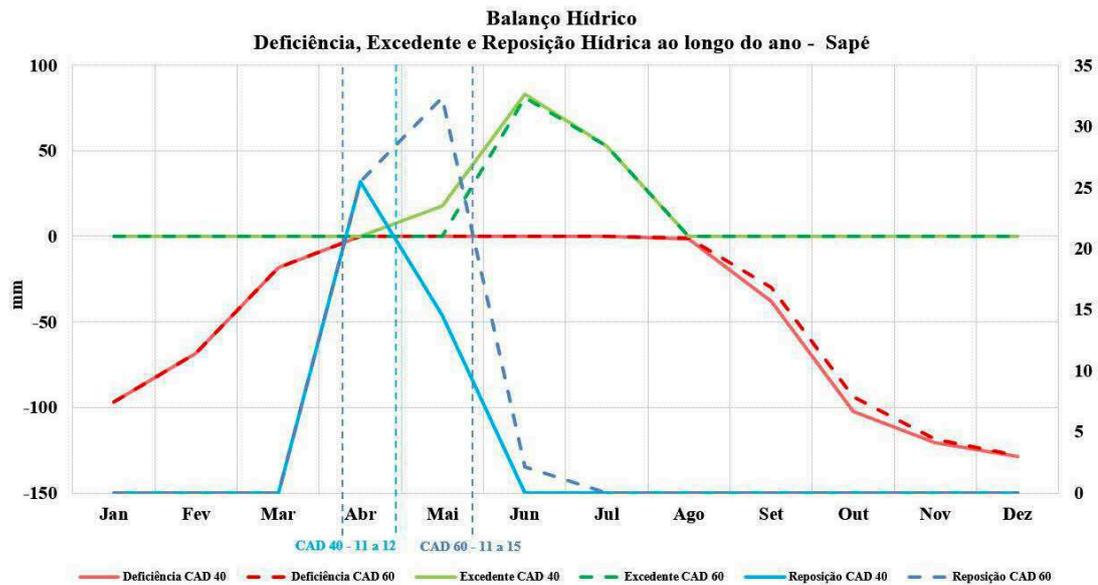


Figura 39 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Sapé

## Quadro 26 – Datas aptas para o plantio - Município de Sapé

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Sapé - SARRAZON	06 a 16	05 a 17	05 a 15	04 a 16	04 a 14	03 a 15
Sapé – ZOCLIMA	11 a 12	11 a 15	11 a 12	11 a 15	11 a 12	11 a 15
Sapé – Adaptado	11 a 12	11 a 15	11 a 12	11 a 15	11 a 12	11 a 15

Na microrregião de Sapé, município de Sapé, os períodos indicados foram complementares aos dois métodos, satisfazendo a condição de ajuste proposta pelo ZOCLIMA. Não diferente de outros casos analisados, o modelo SARRAZON, indicou períodos decendiais, muito abrangentes e que continuou mostrando datas fora do quadrimestre mais chuvoso da microrregião de Sapé, Quadra 2, período de abril a julho, e não se adequando plenamente e necessitando assim de ajuste.

Neste caso, se pode também evidenciar a importância do ajuste proposto pelo modelo ZOCLIMA e que auxilia e mostra datas decendiais para ajuste coerente e dentro do período mais chuvoso da região, reduzindo assim, ainda mais o risco climático que é inerente a microrregião e a prática de cultura de sequeiro.

Microrregião do Litoral Sul / Município de Pedras de Fogo

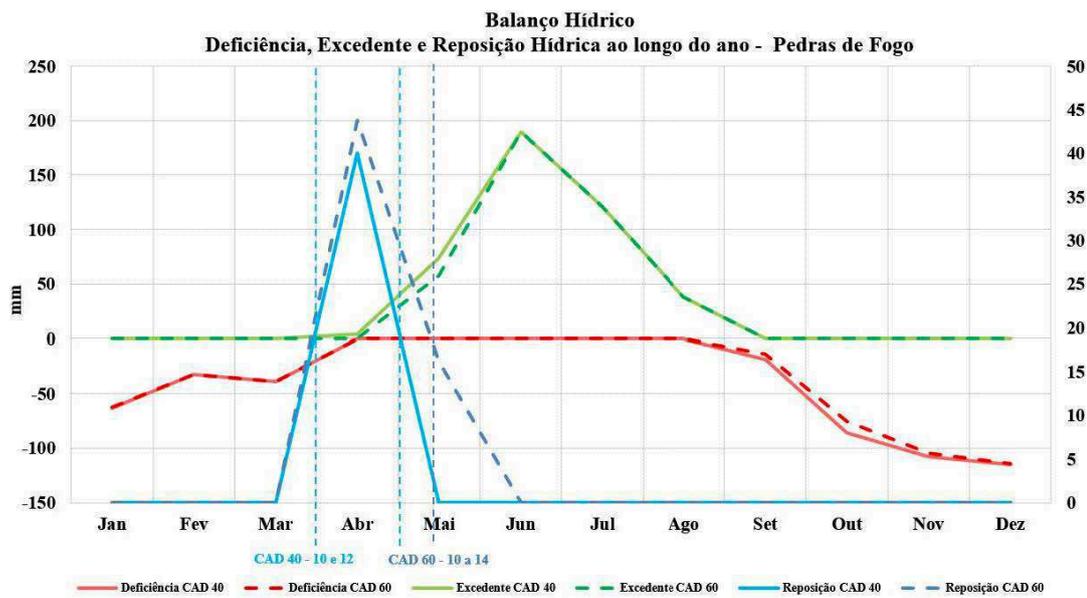


Figura 40 – Resultado do ZOCLIMA para o município de Pedras de Fogo

Quadro 27 – Datas aptas para o plantio – Pedras de Fogo

Municípios	Ciclo precoce		Ciclo médio		Ciclo tardio	
	Milho 100		Milho 120		Milho 130	
	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60	Solo 40	Solo 60
Pedra de Fogo - SARRAZON	06 a 16	05 a 17	05 a 15	04 a 16	04 a 14	03 a 15
Pedra de Fogo – ZOCLIMA	10 a 12	10 a 14	10 a 12	10 a 14	10 a 12	10 a 14
Pedra de Fogo – Adaptado	10 a 12	10 a 14	10 a 12	10 a 14	10 a 12	10 a 14

Para a microrregião do Litoral Sul, município de Pedras de Fogo, a mesma extrapolação de decêndios aptos ao plantio é observada e que o método ZOCLIMA indica períodos decendiais mais consistentes e adequadamente propõe o ajuste de um novo período adaptado e que é mais coerente com a realidade do período mais chuvoso da região.

Microrregião de João Pessoa

Nesta região em particular, microrregião de João Pessoa, não se aplica a regra do zoneamento, pois de acordo com recomendação do MAPA, apesar de se obterem datas aptas ao plantio do milho de sequeiro, definiu-se como metodologia do zoneamento tradicional que deve-se excluir os municípios que fazem parte da faixa litorânea do estado da Paraíba.

Na prática estes municípios não possuem produção significativa do cultivar, no caso do milho de sequeiro e onde nesta região não se justifica o zoneamento, pois o uso do solo é utilizado quase que exclusivamente para a monocultura da cana de açúcar, assim, levando em consideração esta premissa, a técnica do SARRAZON, assim como, a nova técnica do ZOCLIMA não foram aplicadas, mas teria efeito direto para aplicação em outras culturas recomendadas para referida região. Vale salientar que para qualquer região a técnica do ZOCLIMA não apresenta restrição de uso.

## 6 – CONCLUSÕES

O trabalho apresentou a geração dos resultados da metodologia tradicional do Zoneamento de Riscos Climático (ZARC) adotado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), utilizando o método SARRAZON e que obteve resultados de períodos de aptidão para o plantio da cultura do milho de sequeiro, condizente com a atual metodologia oficial e assim gerando o ZARC no estado da Paraíba.

Com o referido ZARC foram obtidas as datas favoráveis ao plantio do milho de sequeiro e paralelamente foi definida e desenvolvida, uma nova abordagem metodológica, chamada de ZOCLIMA (ZOneamento CLIMático Ajustado), como proposta complementar de aperfeiçoamento dos resultados obtidos no ZARC tradicional do SARRAZON, visando obtenção de melhores resultados de períodos aptos ao plantio, de acordo com uma melhor adequação ao período chuvoso local.

O ZOCLIMA utilizou no seu desenvolvimento e análise a consideração do balanço hídrico local, particularmente no período de reposição hídrica, onde a análise do mesmo foi determinante para a execução da metodologia e dos períodos limitantes, ou seja, dos novos períodos de aptidão decendial, respeitando estritamente o período mais úmido, a serem associados ao zoneamento tradicional.

Essa técnica de análise do ZOCLIMA, foi classificada como uma nova abordagem metodológica por se tratar de uma inovação, com aplicação complementar e direta dos resultados do ZARC oficial adotado pelo MAPA e que complementa com sucesso os seus resultados e cientificamente, possui um diferencial na metodologia se comparada com a metodologia comumente utilizada, que diretamente auxilia a potencializar seus resultados, indentificando o período mais úmido da região e na prática aperfeiçoa o ZARC, minimizando as perdas provenientes a aplicação direta do método original e reduzindo assim, consideravelmente os riscos inerentes a aplicação do método do SARRAZON.

Os resultados da complementação das novas datas aptas ao plantio, foram obtidos através de uma comparação entre as duas metodologias (resultados do SARRAZON versus ZOCLIMA), tendo como foco final de resultado, a aplicação direta dos períodos obtidos entre o ZARC tradicional e a nova abordagem metodológica, como filtro de datas limitante para refinar e readequar os resultados obtidos pelo zoneamento do SARRAZON, criando assim, um novo período indicativo de datas de plantio (decêndios), mais restritivo, porém com

resultados mais eficiente a realidade do período mais chuvoso de cada microrregião e seu respectivo município.

Assim, o resultado final consorciado das duas metodologias, minimiza mais os riscos climáticos para a cultura do milho de sequeiro no Estado da Paraíba, principalmente nos extremos do início e fim da atuação do período chuvoso de cada município analisado, gerando resultados mais coerentes com a realidade do clima local.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMILHO - Associação Brasileira das Indústrias do Milho. **9º Acompanhamento da Safra de Milho Total - 2013/14.** Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas/acompanhamento-da-safra>. Acesso em: 22 março 2016.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Plano Estadual de Recursos Hídricos. **Caracterização fisiográfica e hidroclimática do estado da Paraíba.** Capítulo 2. 2010. Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/perh/relatorio\\_final/Capitulo%202/pdf/2%20-%20CaracFisiogHidroclimaticaPB.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/perh/relatorio_final/Capitulo%202/pdf/2%20-%20CaracFisiogHidroclimaticaPB.pdf)>. Acesso em: 09 junho. 2016.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Plano Estadual de Recursos Hídricos. Geoportal AESA.** Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html>>. Acesso em: 12 dezembro. 2016.

AGRIANUAL - **Anuário da Agricultura Brasileira. Milho.** Informa Economics/FNP - South America, p.349-377, 2014.

ALFONSI, R.R.PEDRO JR, M.J.; CAMARGO, M.B.P. et al., **Zoneamento agroclimático e probabilidade de atendimento hídrico para as culturas de soja, milho, arroz de sequeiro e feijão no Estado de São Paulo.** Campinas, IAC, Boletim Científico, 37. 8p. 1995.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements.** Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 300p.

ALMEIDA, H. A. de. Probabilidade de ocorrência de chuva no Sudeste da Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. **Boletim Técnico** n. 182, 32p. 2001.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; SENTELHAS, P. C.; LIMA, M. G.; AGUIAR, M. de J. N.; LEITE, D. A. S. R. Zoneamento agroclimático para as culturas de milho e de soja no estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 544 – 550. 2001.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; SILVEIRA JÚNIOR, D. M. **Zoneamento de risco climático.** In: CARDOSO, M. J. & ATHAYDE SOBRINHO, C. (Org.). O milho no

Meio-Norte do Brasil: Estratégias Básicas do Manejo. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 343-368. 2007.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; SILVEIRA JÚNIOR, D. M. **Zoneamento de risco climático**. In: CARDOSO, M. J. & ATHAYDE SOBRINHO, C. (Org.). O milho no Meio Norte do Brasil: Estratégias Básicas do Manejo. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 343-368, 2007.

ARAGÃO, J. A. R. **Fatos sobre tendência do El Niño e sua relação com as secas no NEB**. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia – SBMET. Vol.14, nº1, p.2-8, 1990.

ARAI, F. K.; PEREIRA, S. B.; GONÇALVES, G.; DANIEL, O.; PEIXOTO, P.; VITORINO, A. C. T. **Espacialização da precipitação pluvial na Bacia do Rio Dourados**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2-7 ago., Fortaleza. Anais. Fortaleza: UFC, 2009. CD-ROM.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J.; FONSECA, M. **Impacto das mudanças climáticas no zoneamento de riscos climáticos para a cultura da soja no Brasil**. In: XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Campinas: SBAGRO, 2005.

ASSAD, E.D.; EVANGELISTA, B.; SILVA, F.A.M. et al. Zoneamento agroclimático para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) no Estado de Goiás e sudoeste do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.510-518, 2001. Número especial do zoneamento agrícola.

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. **Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.1057-1064, 2004.

BARON, C.; PEREZ, P.; MARAUX, F. **Sarrazon: Bilan hydrique appliqué au zonage**. Montpellier: CIRAD, 1996. 26p.

BARROS, A. H. C.; ARAUJO FILHO, J. C. DE; SILVA, A. B. DA; SANTIAGO, G. A. C. F. **Climatologia do Estado de Alagoas**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.211. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32p.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F. et al. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.2, p.243-249. 2006.

BIUDES, F. **Tecnologias da informação e novos usos do território brasileiro: uma análise a partir do zoneamento agrícola de riscos climáticos para a soja**. Tese de Doutorado. Campinas, SP.: [s.n.], 2005.

BRASIL (2009). **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm)>. Acesso em 16 dez 2016.

CÂMARA, G.; FREITAS, U.M.; SOUZA, R.C.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling, **Computers and Graphics**, vol. 15, n.6, July 1996.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO M.P.B. **Teste de uma equação simples para estimativa da evapotranspiração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura a do ar**. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/IAC, Campinas, SP. p. 229-244, 1983.

CAMARGO, A. P. de.; CAMARGO, M. B. P. de. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial, **Bragantia**, v. 59, p. 125-137, 2000.

CAMPOS, J.H.B.C. **Impactos das alterações climáticas sobre a área de cultivo e produtividade de milho e feijão no nordeste do Brasil usando modelagem agrometeorológica**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

CAMPOS, T. & CANÉCHIO FILHO, V. **Principais culturas II**. Campinas: I.C.E.A., 1987. 401 p.

CIB - CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia do milho 2010: tecnologia do campo à mesa**. São Paulo: [s.n.], 2010. Disponível em: [http://www.cib.org.br/pdf/guia\\_do\\_milho\\_CIB.pdf](http://www.cib.org.br/pdf/guia_do_milho_CIB.pdf). Acesso em: 22 julho 2016.

COLLISCHONN, W., TASSI, R. **Introduzindo hidrologia**. IPH UFRGS. 151 pg. Agosto, 2008.

COSTA, N.D.; DIAS, R.C.S.; FARIA, C.M.B.; TAVARES, S.C.C.H.; TERAPO, D. Petrolina EMBRAPA. **Avaliação de cultivares de cebola em Petrolina**. p.37-39, Circular Técnica, 59. 2000.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária / Companhia Nacional de Abastecimento** – v.2 – Brasília : Conab, 2014.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos** – V. 3 - SAFRA 2015/16- N. 7 - Sétimo levantamento ABRIL 2016, Conab, Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_04\\_07\\_10\\_39\\_11\\_boletim\\_graos\\_abril\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_07_10_39_11_boletim_graos_abril_2016.pdf)>. Acesso em 11/01/2017.

CUNHA, G. R.; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia – Número especial**. Revista Brasileira de Meteorologia, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 377-385, 2001.

CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. **Efeito da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas**. Porto Alegre: UFRGS, p.85-97, 1992.

DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L.; FARIA, R. T. et al. Utilização do modelo Cropgrosoybean na determinação de melhores épocas de semeadura da cultura da soja, na região de Palotina, Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 583-589, 2006.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB/FAO, 1994. 306p. (Estudos FAO; Irrigação e Drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Tradução H. R. Gheyi, J. E. C. Metri, F. A. Damasceno. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. 204p., il. Título original: Crop water requirements. (Estudos FAO; Irrigação e Drenagem, 24).

EMBRAPA. Milho e Sorgo. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**, vol.1, p.6. 2006. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ\\_75.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_75.pdf)>. Acesso em: 22 junho. 2016.

EMBRAPA. **Manual de segurança e qualidade para a cultura do milho**. Brasília: Embrapa/Sede, 2004. 78 p.

EMBRAPA. Piauí – Recursos Naturais. In: **Diagnóstico e prioridades de pesquisa em agricultura irrigada: Região Nordeste**. Brasília: Embrapa, 1999. p. 85 – 97.

EVANGELISTA, B. A. **Projeção de cenários atuais e futuros de produtividade de cana-de-açúcar em ambiente de cerrado**. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp/Campinas, 2011.

- FAVILLA, H. A Mudança do Clima, Políticas e a Adaptação da Agricultura Brasileira. Trabalho de Conclusão de Curso. Planaltina – DF, 2015. 64p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2000. 360p.
- FARIAS, J.R.B. et al., Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja do Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 9, 415-421, 2001.
- FARIAS, J. R. B., NEPOMUCENO, A. L., NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Circular Técnica, 48. Embrapa Soja. Londrina, 9p. 2007.
- FERNANDES, D.N. A prática interdisciplinar: trabalhando o “milho” como tema gerador. Campina Grande-PB 2011. Net. Disponível em:<<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1033&class=21>>. Acesso em: 24 de novembro de 2016.
- FERREIRA, V. M. **Definição de Parâmetros para estimativa de risco climático no consórcio milho x feijão–caupi**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí. – Teresina, 95 f. 2007.
- FERREIRA, A.; PEREIRA, A. F. **Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (Eto) em Cruz das Almas, BA**. Cruz das Almas: UFBA, 74p, 1998.
- FORNASIERI FILHO, D. A cultura do milho. Jaboticabal: Funep, 1992. 273 p.
- GALINAT, W.C. **The origin of maize: grain of humanity**. New York: New York Botanical Garden Journal, v. 44, p.3-12, 1995.
- IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Boletim de Serviço Institucional nº 1774, semanas 026 a 030, 1990.
- JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. et al. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1990. 329p. (ASCE. Manual and Reports on Engineering Practices, 70).
- JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, ASCE, 89: 15-41, 1963.
- KELLER, T. **Redução do risco climático na agricultura: uma abordagem probabilística: Metodologia, principais aspectos**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SEGURIDADE

E ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO MERCOSUL, 1998, Brasília. **Anais**. Brasília: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1998.

KUROZAWA, C. Glossário. Globo Rural, 2010. Disponível em <<http://globoruralteve.globo.com/GRural/0,27062,LPTO-4373-0-L-M,00.html>>, acesso em: 18/05/2016.

LARCHER, W. **Relações Hídricas**. In: Ecofisiologia vegetal, cap. 4, p.231-294. São Carlos, Rima, 2000.

LERAYER, A. **Guia do milho: tecnologia do campo à mesa**. CIB, p.1-16, julho, 2006. Disponível em: <http://www.cib.org.br>. Acesso em 03 agosto. 2016.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Parâmetros de Risco Climático**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/gestao-riscos/documentos/Parametrosderiscoclimatico.pdf/view>> Acesso em: 17 de agosto 2016.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático: Instrumento de Gestão de Risco Utilizado pelo Seguro Agrícola do Brasil**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola>. Acesso em: 06 de set. 2016.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da Equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. 120p. (Tese de Doutorado em Agronomia), Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. 2002.

MEDEIROS, R. MAINAR, CAVALCANTI, E.P. e AZEVEDO, P. V. **Variação anual da umidade relativa do ar para o Nordeste do Brasil**. Anais do VI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Alagoas - Maceió. 383-390 p. 1989.

MENEZES, H. E. A. **Um Estudo da Zona de Convergência do Atlântico Sul**. Dissertação de Mestrado. UFCG, Programa de Pós Graduação em Meteorologia, Campina Grande, Campus I, DCA, 106 p, 2006.

MOREIRA, H.J.C. **Manual prático para o manejo de irrigação**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação – SENIR, Projeto BRA 87/008-PNUD/OMN. Brasília, 86 p., 1992.

MOTA, F. S. **Meteorologia Agrícola**. Quinta edição. 1979. Livraria Nobel SA. São Paulo.

NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. B., **The climatology of drought and drought prediction. 1. edição, Kluwer Academic Publishers.** The Impact of Variations on Agriculture. v. 2., p. 305-323, 1988.

OECD/FAO (2015) **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**, OECD Publishing, Paris. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en)>. Acesso em: 09 de dezembro de 2016.

OLIVEIRA, Hamilton Reis de. et. al.. **Nordeste do Brasil: Sinopse Estatística 2014.** Fortaleza: BNB, 2014.

PAIVA, E.; VASCONCELOS, M.J.V.; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R. Seleção de progênies de milho doce de alto valor nutritivo com auxílio de técnicas eletroforéticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v.27, n.8, p.1213-1218, 1992.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proc. R. Soc. London,** A193:120-146, 1948.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002. 480p.

ROLIM, G. S., SENTELHAS, P. C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia.** v. 6, n.1, p133-137, 1998.

ROSSATO, L. **Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo do Brasil.** 2002. 145 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas espaciais, São José dos Campos, 2002

ROSSETTI, LA. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e seguridade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de agrometeorologia.** 9, 377-385,2001.

SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. **Embrapa milho e sorgo sistema de produção, zoneamento agrícola.** 2010. Disponível em:<[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/zoneamento.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/zoneamento.htm)>. Acesso em: 10 ago. 2016.

SEDIYAMA, G. S. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia.** Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 1-14, 1996.

SECEX, Secretaria de Comércio Exterior. **Estatísticas do Comércio Exterior - 2015**. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/comex-vis>. Acesso em 18/11/2016.

SILVA, S.C. da; BRITES, R.S.; ASSAD, E.D. **Identificação de risco climático para a cultura de arroz de sequeiro no Estado de Goiás**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1005-1011, 1998.

SILVA, N. M. da; ANDRADE, A. J. P. de; SOUZA, C. R. de. O sertanejo e as experiências de inverno no Seridó Potiguar. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 27, p. 87-107, jan./jun. Editora UFPR. 2013.

SOUSA, E. T., VASCONCELLOS, V. L. D, ASSAD, E. D. **Simulação dos riscos climáticos no distrito federal para o plantio da soja de ciclo precoce e tardio**. In: Anais do XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Santa Maria – RS, p.759-760. 2003.

SCHUSSLER, R. J.; WESTGATE, M. E. Maize kernel set at low potential. I. Sensivity to reduce assimilates during early kernel growth. **Crop Science, Madison**, v. 31, p. 1189-1195, 1991.

SILVA, S.C. da; BRITES, R.S.: ASSAD. E.D. Identificação de risco climático para a cultura de arroz de sequeiro no Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 7, p. 1005-1011, 1998.

SOUZA & BRAGA (2004) SOUZA, P.M. de; BRAGA, M.J. **Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil**. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. (Eds) Tecnologia de produção do milho. 20.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, v.1, p.13-53, 2004.

STEINMETZ, S. REYNIERS, F. N. FOREST, F. Caracterização do regime pluviométrico e do balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil. Catalogo básico de dados. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1988.

TAVORA, F. J. A. F.; LOPES, L. H. de O. Deficiência hídrica no consórcio milho-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 7, p. 1011-1022, jul. 1990.

THORNTHWAITE, C. W.; WILM, H. G. Report of the Commite on evapotranspiration and transpiration, 1943-1944. Washington, D. C.: **Transactions of the American Geophysical Union**, 1944. p. 686-693.

TREMOCOLDI, W. A.; BRUNINI, O. **Caracterização agroclimática das unidades da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo: Capão Bonito e**

**região.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2008.30p.(Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 205).

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).

USDA, United States Department of Agriculture. **Agency Financial Report.** 2015.

VAREJÃO SILVA, M. A., CEBALHOS, J. C., **Crêterios Climatológicos para a delimita o do Semi -  rido no estado da Paraíba (versão preliminar).** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1982, 25p.

VINICIUS, W. M., **Características hidroclimáticas para a cultura do milho em Guarapuava-PR.** Disserta o (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, 68 f. : Guarapuava, 2009.

WIKIPÉDIA. **A enciclopédia livre. Mapas das microrregiões geográficas da Paraíba.** Disponível em:

<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_microrregi es\\_da\\_Para ba](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_microrregi es_da_Para ba)>.

Acesso em 20/01/2017. 2017.

ZINSELMEIER, C.; WESTGATE, M. E.; JONES, R. J. Kernel set at low water potential does not vary with source sink/ratio in maize. **Crop Science**, v. 35, p. 158-164, 1995.

## 8.0 - ANEXOS

### 8.1 POSTOS UTILIZADOS NA PESQUISA

Tabela 27 – Estações utilizadas no estudo

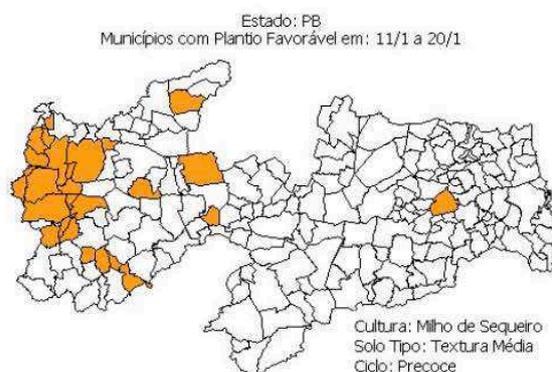
CÓDIGOS DNAEE	ESTAÇÃO	LAT.	LONG.	ALTIT.	ANO INÍCIO	ANO FIM
00735035	Acaú	07°07'00	35°21'00	146.0	1968	2012
00737019	Açude Coremas	07°01'00	37°58'00	220.0	1961	2012
00638047	Açude Engenheiro Ávidos	06°58'00	38°28'00	250.0	1968	2012
00638046	Açude Pilões	06°40'00	38°31'00	255.0	1967	2012
00737022	Água Branca	07°31'00	37°39'00	710.0	1969	2012
00738025	Aguiar	07°05'00	38°11'00	280.0	1967	2012
00735033	Alagoa Grande	07°03'00	35°38'00	180.0	1969	2012
00735030	Alagoa Nova	07°04'00	35°47'00	500.0	1968	2012
00636031	Algodão	06°53'00	36°02'00	470.0	1965	2012
00734008	Alhandra	07°26'00	34°55'00	49.0	1968	2012
00638033	Antenor Navarro	06°44'00	38°27'00	240.0	1967	2012
00635027	Araçagi	06°51'00	35°22'00	170.0	1965	2012
00635028	Araruna	06°31'00	35°44'00	580.0	1969	2012
00635032	Areia	06°58'00	35°42'00	445.0	1966	2012
00735029	Aroeiras	07°31'00	35°41'00	340.0	1969	2012
00638030	Balanças	06°59'00	38°44'00	400.0	1966	2012
00635033	Bananeiras	06°46'00	35°38'00	552.0	1968	2012
00638029	Barra do Juá	06°32'00	38°34'00	500.0	1967	2012
00637022	Belém do Brejo do Cruz	06°11'00	37°32'00	190.0	1966	2012
00735124	Bodocongó	07°32'00	35°59'00	350.0	1978	2012
00738023	Bom Jesus	07°21'00	38°22'00	470.0	1966	2012
00738022	Bonito de Santa Fé	07°19'00	38°31'00	275.0	1967	2012
00637023	Brejo do Cruz	06°21'00	37°30'00	190.0	1963	2012
00736022	Cabaceiras	07°36'00	36°17'00	390.0	1969	2012
00635037	Cacimba de Dentro	06°38'00	35°47'00	460.0	1969	2012
00635038	Caiçara	06°37'00	35°28'00	185.0	1968	2012
00638028	Cajazeiras	06°53'00	38°34'00	291.0	1969	2012
00736021	Camalaú	07°55'00	36°52'00	565.0	1969	2012
00736020	Caraúbas	07°43'00	36°31'00	460.0	1969	2012
00737021	Catingueira	07°08'00	37°37'00	290.0	1969	2012
00738020	Conceição	07°33'00	38°31'00	370.0	1969	2012
00637028	Condado	06°54'00	37°37'00	260.0	1967	2012
00736018	Congo	07°48'00	36°40'00	500.0	1963	2012
00736017	Coxixola	07°37'00	36°37'00	465.0	1969	2012
00636035	Cuité	06°29'00	36°09'00	620.0	1969	2012
00737018	Desterro	07°17'00	37°06'00	590.0	1968	2012
00735018	Fagundes	07°21'00	35°48'00	520.0	1969	2012
00735012	Fazenda Lagoa dos Marcos	07°32'00	35°49'00	430.0	1968	2012

<b>CÓDIGOS DNAEE</b>	<b>Estação</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>ALTIT.</b>	<b>ANO INÍCIO</b>	<b>ANO FIM</b>
00737005	Fazenda Porcos	07°08'00	37°20'00	270.0	1964	2012
0736006	Fazenda Santa Tereza	07°07'00	36°25'00	500.0	1969	2012
00738019	Garrotes	07°23'00	38°00'00	305.0	1968	2012
00736016	Gurjão	07°16'00	36°29'00	480.0	1969	2012
00738018	Ibiara	07°29'00	38°25'00	303.0	1967	2012
00737017	Imaculada	07°23'00	37°30'00	750.0	1969	2012
00735017	Ingá	07°17'00	35°37'00	144.0	1969	2012
00735015	Itabaiana	07°20'00	35°20'00	45.0	1969	2012
00637030	Jenipapeiro dos Carreiros	06°28'00	37°33'00	190.0	1969	2012
00637036	Jericó	06°33'00	37°49'00	215.0	1968	2012
00737016	Juru	07°32'00	37°50'00	470.0	1967	2012
00737015	Mãe D'Água	07°15'00	37°26'00	370.0	1967	2012
00637031	Malta	06°54'00	37°32'00	340.0	1969	2012
00635044	Mamanguape	06°50'00	35°07'00	54.0	1963	2012
00738015	Manaira	07°42'00	38°01'00	605.0	1967	2012
00735011	Mata Virgem	07°44'00	35°49'00	645.0	1968	2012
00635045	Mataraca	06°36'00	35°03'00	35.0	1969	2012
00735009	Mulungu-	07°01'00	35°29'00	100.0	1979	2012
00638048	Nazarezinho	06°55'00	38°20'00	265.0	1968	2012
00738014	Nova Olinda	07°28'00	38°03'00	315.0	1969	2012
00737011	Olho D'Água	07°13'00	37°46'00	275.0	1969	2012
00636036	Olivedos	06°54'00	36°15'00	545.0	1969	2012
00737010	Passagem	07°08'00	37°04'00	340.0	1969	2012
00636037	Pedra Lavrada	06°45'00	36°28'00	525.0	1969	2012
00737006	Piancó	07°11'00	37°57'00	250.0	1978	2012
00636038	Picuí	06°31'00	36°22'00	450.0	1963	2012
00735007	Pilar	07°16'00	35°17'00	35.0	1967	2012
00736014	Pocinhos	07°04'00	36°04'00	624.0	1966	2012
00637032	Pombal	06°46'00	37°49'00	178.0	1969	2012
00735036	Ponte da Batalha	07°09'00	35°05'00	0.0	1979	2012
00737004	Prata	07°41'00	37°06'00	600.0	1969	2012
00738013	Princesa Isabel	07°44'00	38°01'00	660.0	1969	2012
00736013	Riacho Santo Antônio	07°42'00	36°09'00	455.0	1967	2012
00736010	Salgadinho	07°06'00	36°51'00	410.0	1967	2012
00635047	Salgado	06°47'00	35°53'00	400.0	1969	2012
00636042	Santa Luzia	06°52'00	36°56'00	290.0	1965	2012
00836001	Santa Maria da Paraíba	08°02'00	36°41'00	800.0	1968	2012
00734001	Santa Rita	07°08'00	34°59'00	16.0	1966	2012
00737003	Santa Terezinha	07°05'00	37°27'00	380.0	1969	2012
00736005	Santo André	07°13'00	36°38'00	470.0	1969	2012
00638051	São Francisco	06°37'00	38°05'00	150.0	1969	2012
00638034	São Gonçalo	06°50'00	38°19'00	235.0	1966	2012
00736012	São João do Cariri	07°24'00	36°32'00	445.0	1965	2012
00638049	São José da Lagoa Tapada	06°56'00	38°10'00	260.0	1968	2012
00738011	São José das Piranhas	07°07'00	38°30'00	300.0	1969	2012
00637035	São José do Brejo da Cruz	06°10'00	37°17'00	120.0	1965	2012
00637034	São José do Espinharas	06°51'00	37°20'00	185.0	1968	2012

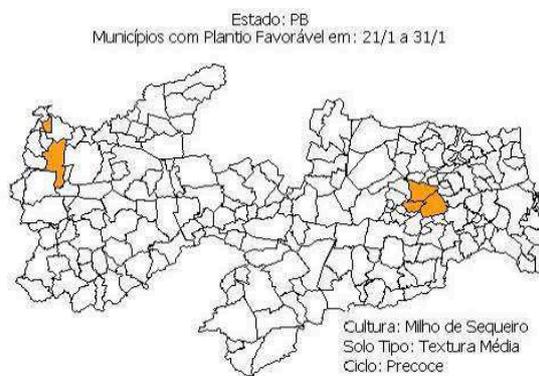
<b>CÓDIGOS DNAEE</b>	<b>Estação</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>ALTIT.</b>	<b>ANO INÍCIO</b>	<b>ANO FIM</b>
00736011	São José dos Cordeiros	07°23'00	36°49'00	610.0	1969	2012
00637037	São Mamede	06°55'00	37°06'00	270.0	1969	2012
00837000	São Sebastião do Umbuzeiro	08°09'00	37°01'00	600.0	1967	2012
00735006	Sape	07°06'00	35°14'00	125.0	1967	2012
00736009	Serra Branca	07°29'00	36°40'00	450.0	1969	2012
00738010	Serra Grande	07°15'00	38°19'00	585.0	1962	2012
00635048	Serraria	06°49'00	35°38'00	360.0	1968	2012
00738024	Sítio Arapuã	07°04'00	38°35'00	500.0	1969	2012
00638050	Sítio São Vicente	06°37'00	38°20'00	420.0	1966	2012
00736008	Soledade	07°04'00	36°22'00	560.0	1968	2012
00636040	Sossego	06°46'00	36°15'00	600.0	1968	2012
00638035	Uiraúna	06°31'00	38°25'00	300.0	1967	2012
00735002	Umbuzeiro	07°42'00	35°40'00	553.0	1967	2012
00635050	Vila Maia	06°48'00	35°35'00	210.0	1968	2012

## 8.2. RESULTADOS DO ZONEAMENTO FORMA ESPACIAL, DATAS E ÁREAS MAIS APTAS AO PLANTIO DO MILHO:

Figuras de 41 a 57, representativas aos resultados do ciclo precoce – solo textura média - solo tipo 2



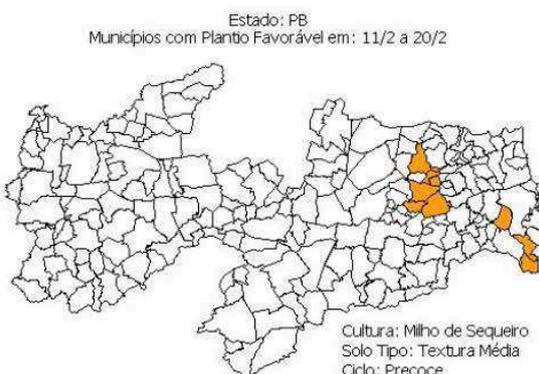
(41)



(42)



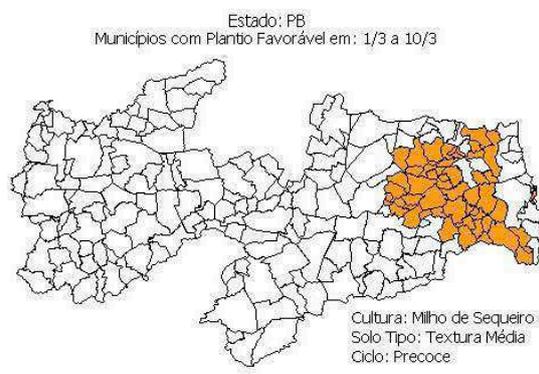
(43)



(44)

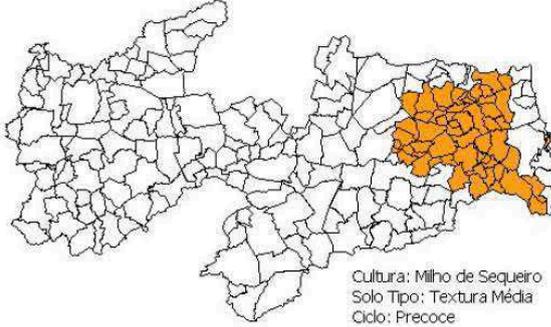


(45)



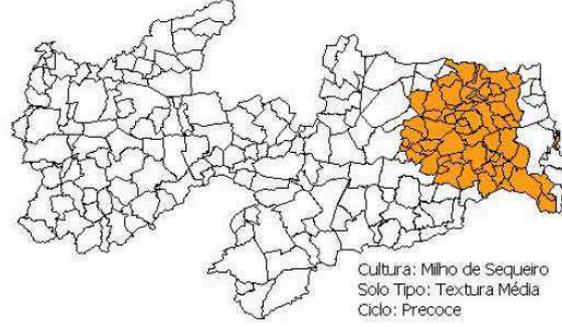
(46)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/3 a 20/3



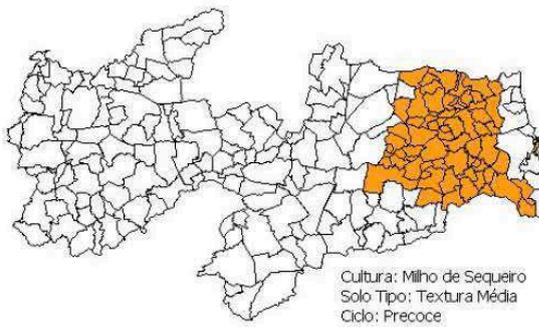
(47)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/3 a 31/3



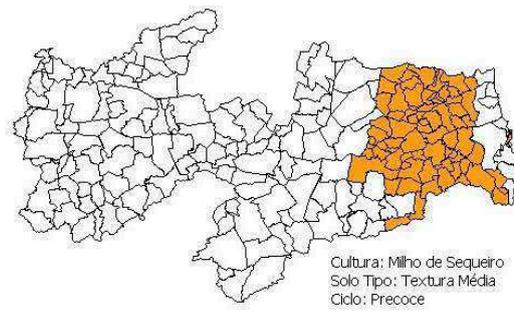
(48)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/4 a 10/4



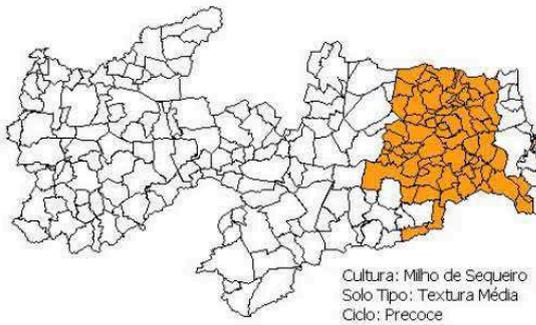
(49)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/4 a 20/4



(50)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/4 a 30/4



(51)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/5 a 10/5



(52)

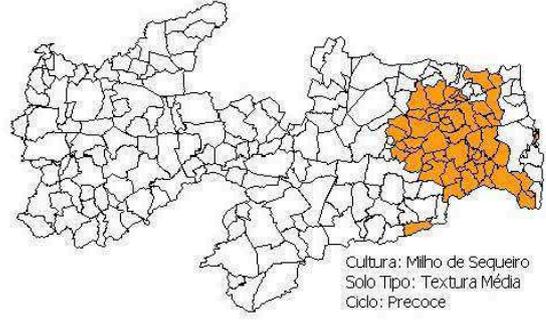
Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/5 a 20/5



(53)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Precoce

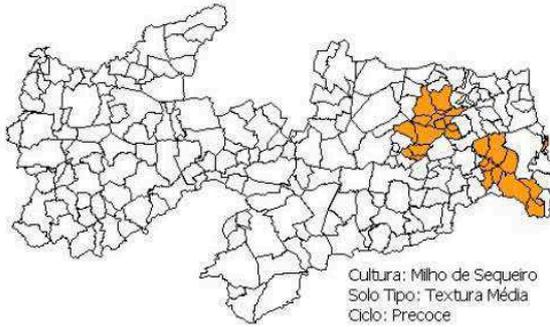
Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/5 a 31/5



(54)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Precoce

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/6 a 10/6



(55)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Precoce

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/6 a 20/6



(56)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Precoce

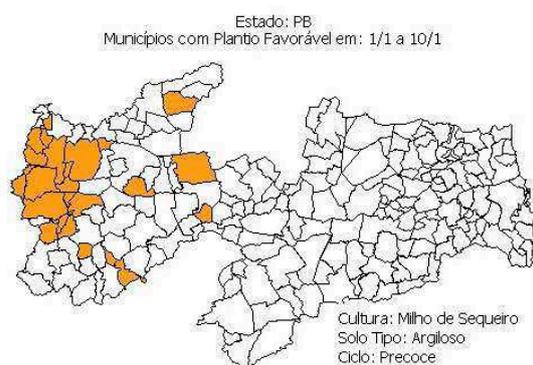
Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/6 a 30/6



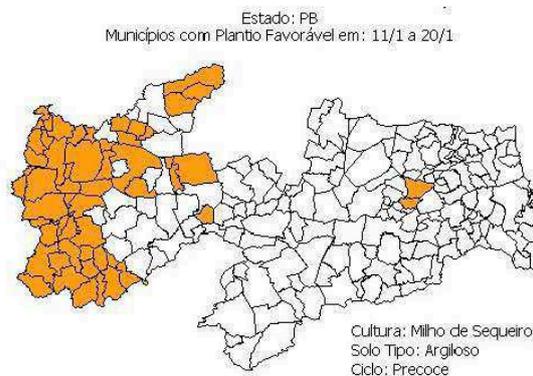
(57)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Precoce

Figuras de 58 a 75, representativas aos resultados do ciclo precoce – solo textura argilosa - solo tipo 3



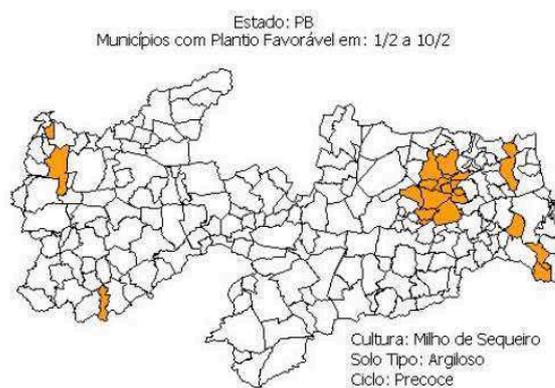
(58)



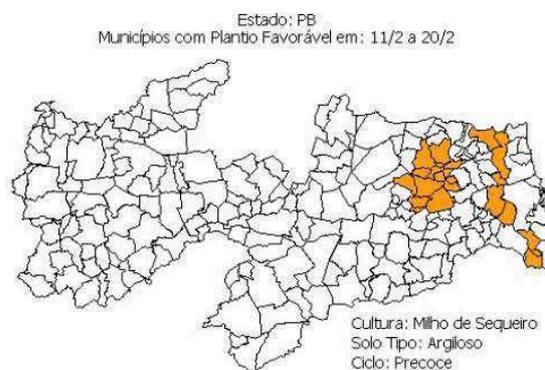
(59)



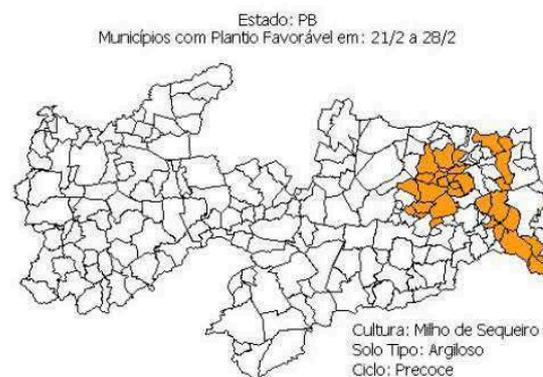
(60)



(61)



(62)



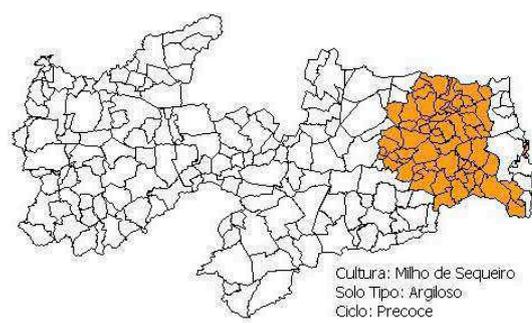
(63)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/3 a 10/3



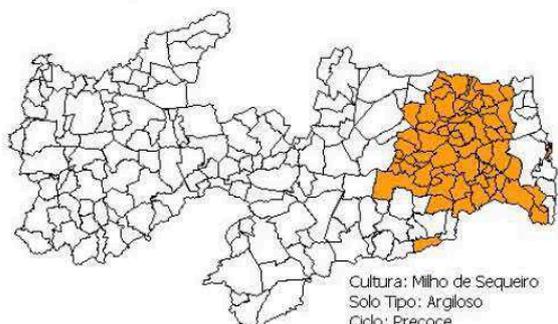
(64)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/3 a 20/3



(65)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/3 a 31/3



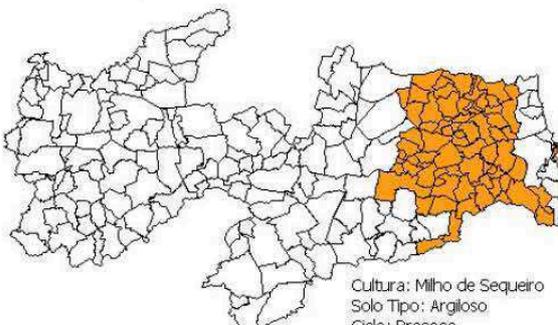
(66)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/4 a 10/4



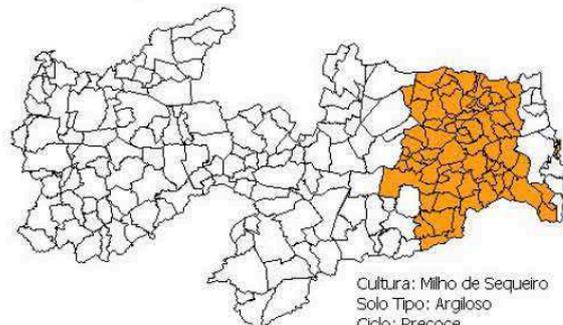
(67)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/4 a 20/4



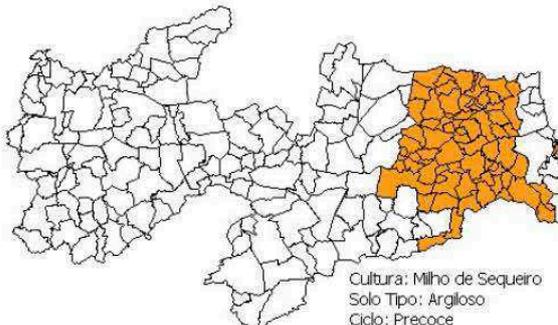
(68)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/4 a 30/4



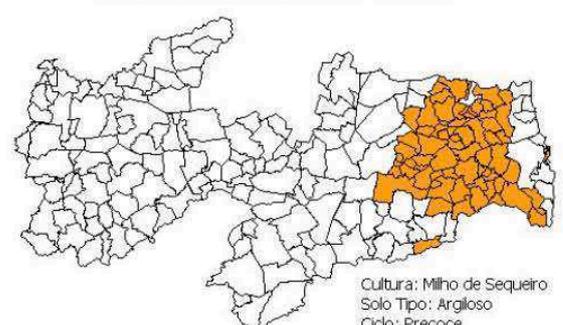
(69)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/5 a 10/5



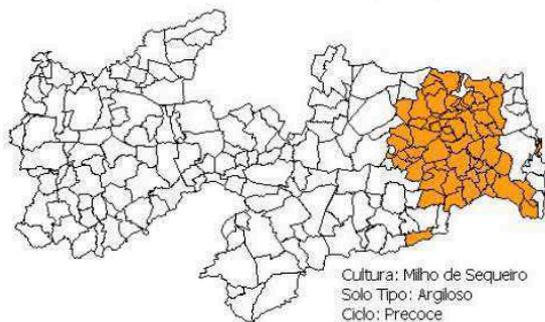
(70)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/5 a 20/5



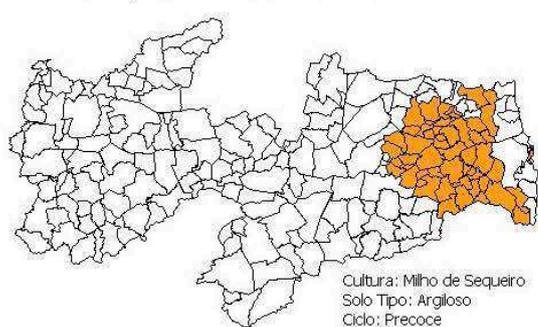
(71)

Estado: PB  
Municípios com Plantação Favorável em: 21/5 a 31/5



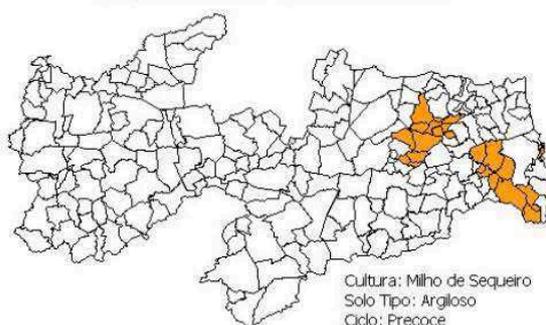
(72)

Estado: PB  
Municípios com Plantação Favorável em: 1/6 a 10/6



(73)

Estado: PB  
Municípios com Plantação Favorável em: 11/6 a 20/6



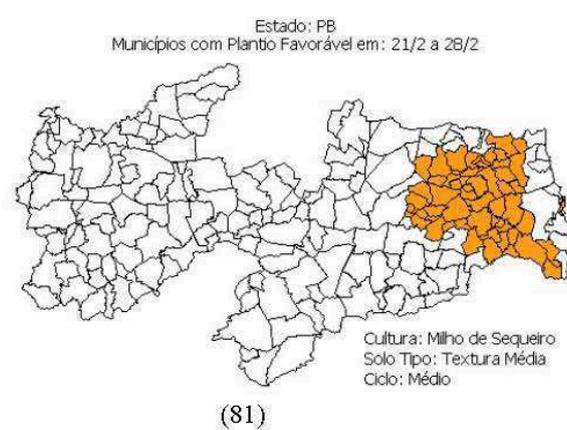
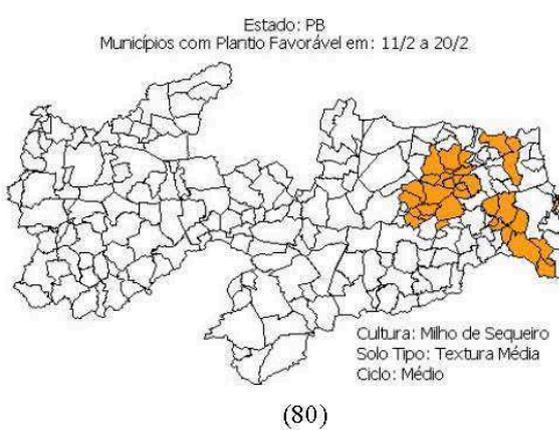
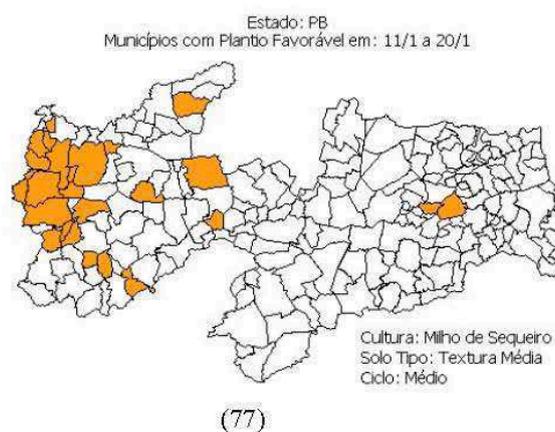
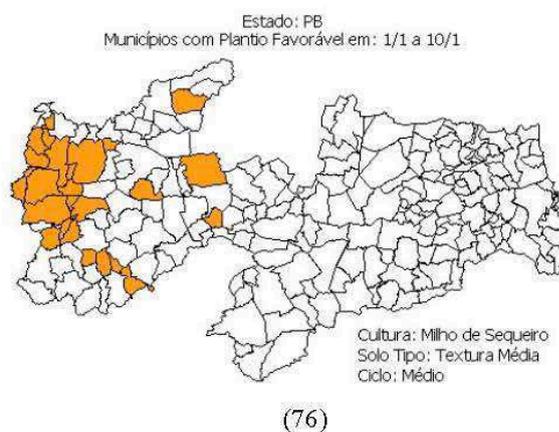
(74)

Estado: PB  
Municípios com Plantação Favorável em: 21/6 a 30/6

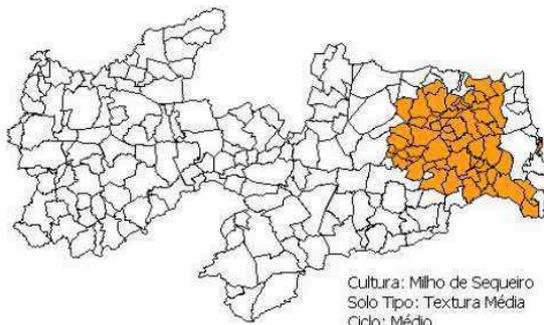


(75)

Figuras de 76 a 90, representativas aos resultados do ciclo médio – solo textura média - solo tipo 2



Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/3 a 10/3



(82)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Médio

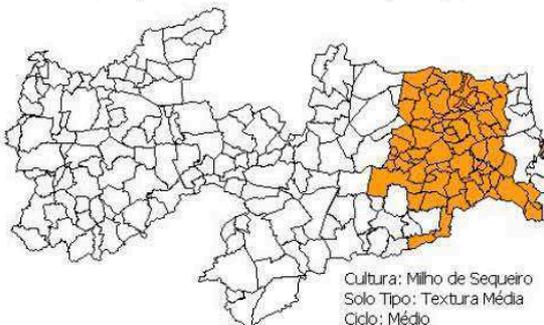
Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/3 a 20/3



(83)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Médio

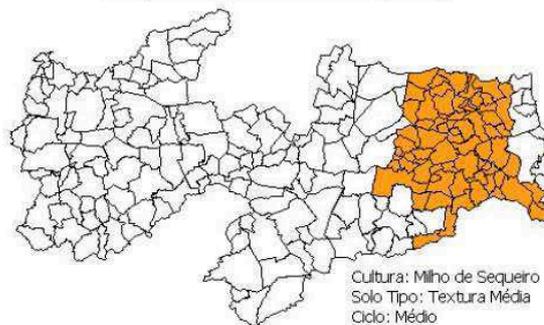
Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/3 a 31/3



(84)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Médio

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/4 a 10/4



(85)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Médio

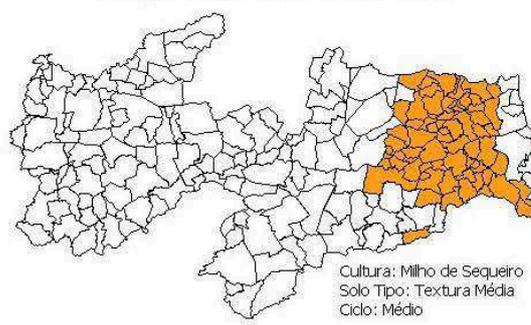
Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/4 a 20/4



(86)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Médio

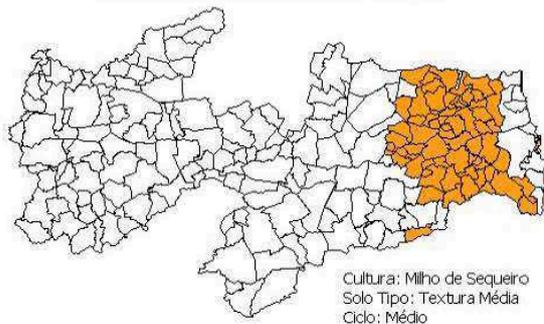
Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/4 a 30/4



(87)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Médio

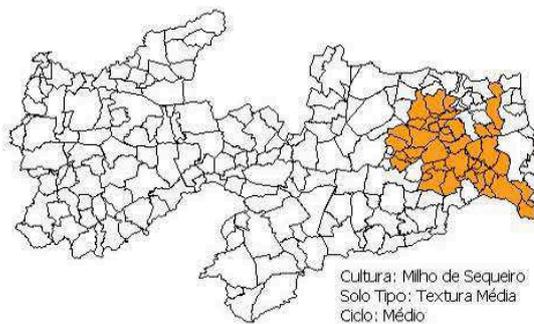
Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/5 a 10/5



(88)

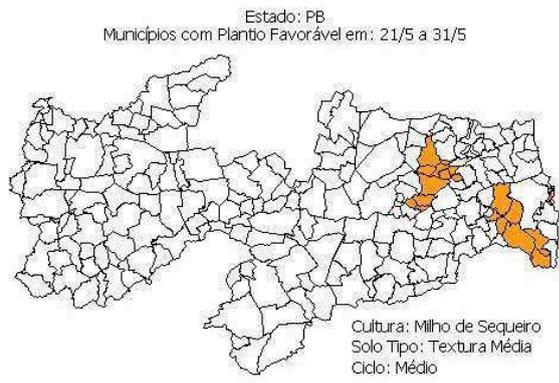
Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Médio

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/5 a 20/5



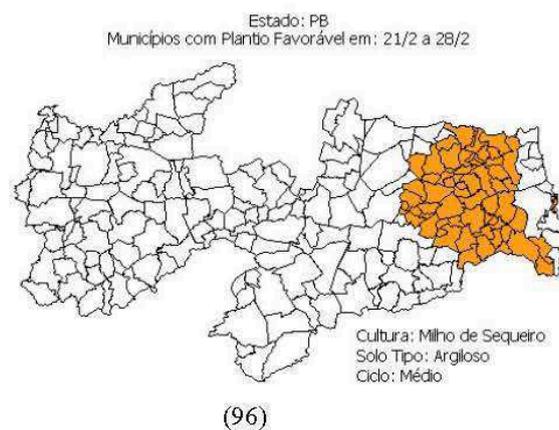
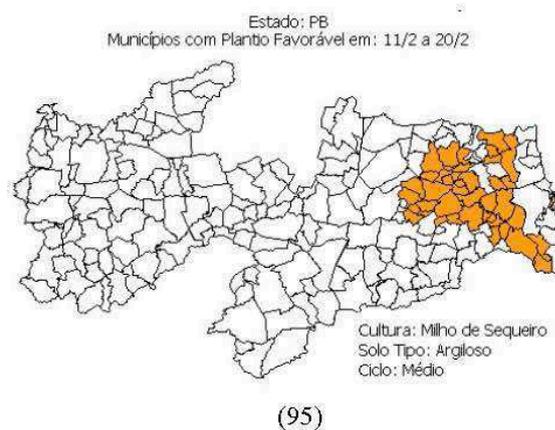
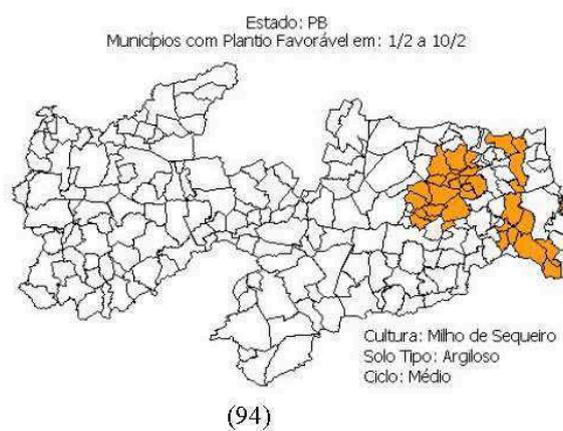
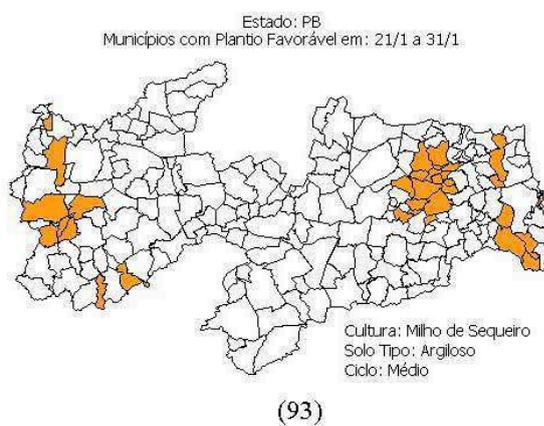
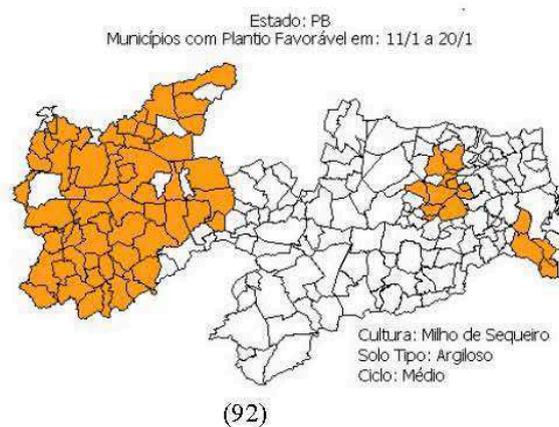
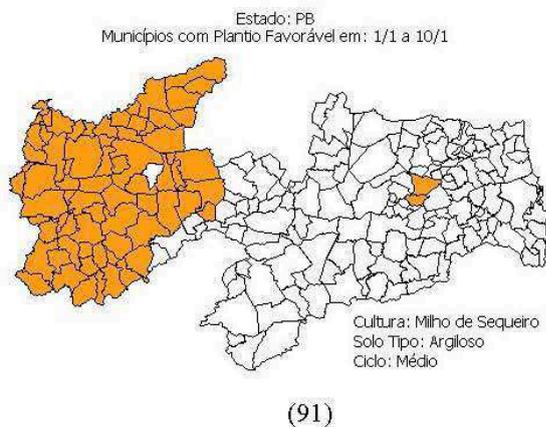
(89)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Textura Média  
Ciclo: Médio

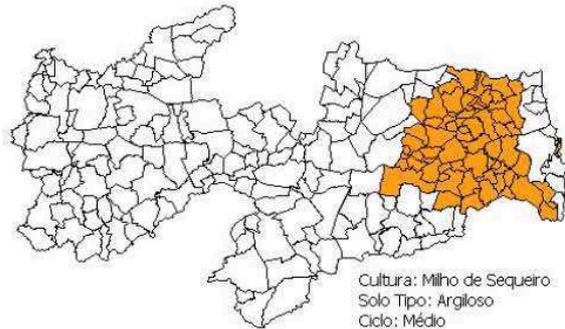


(90)

Figuras de 91 a 108, representativas aos resultados do ciclo médio – solo textura argilosa - solo tipo 3



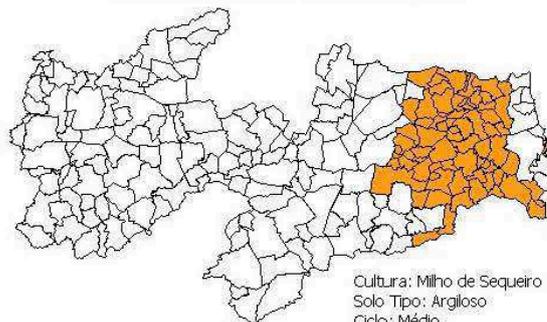
Estado: PB  
Municípios com Plantaio Favorável em: 1/3 a 10/3



Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Médio

(97)

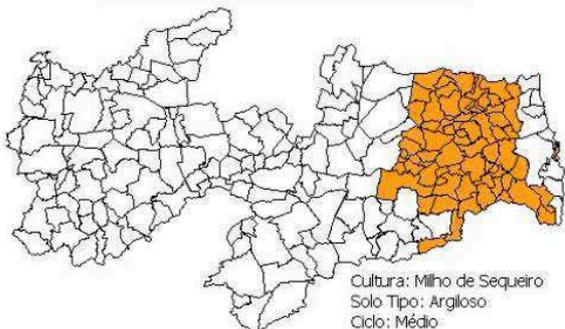
Estado: PB  
Municípios com Plantaio Favorável em: 11/3 a 20/3



Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Médio

(98)

Estado: PB  
Municípios com Plantaio Favorável em: 21/3 a 31/3



Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Médio

(99)

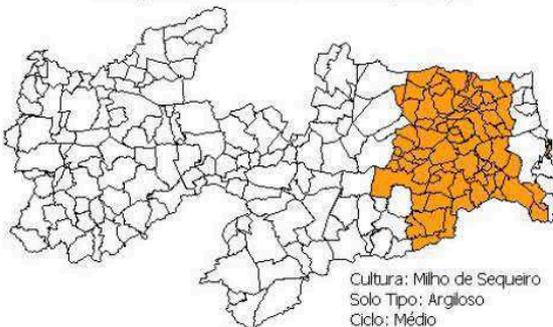
Estado: PB  
Municípios com Plantaio Favorável em: 1/4 a 10/4



Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Médio

(100)

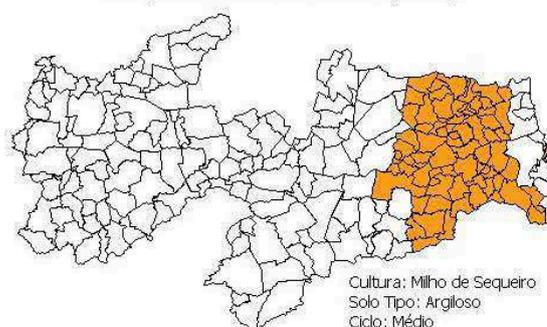
Estado: PB  
Municípios com Plantaio Favorável em: 11/4 a 20/4



Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Médio

(101)

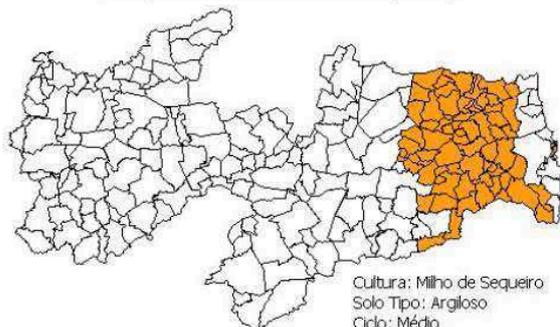
Estado: PB  
Municípios com Plantaio Favorável em: 21/4 a 30/4



Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Médio

(102)

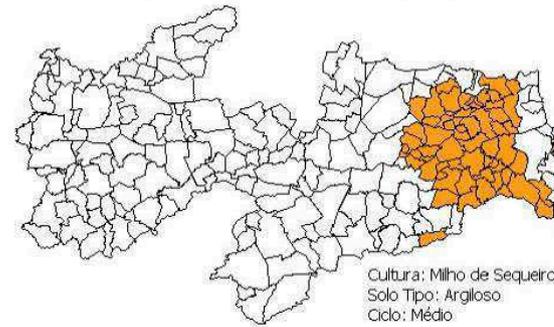
Estado: PB  
Municípios com Plantaio Favorável em: 1/5 a 10/5



Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Médio

(103)

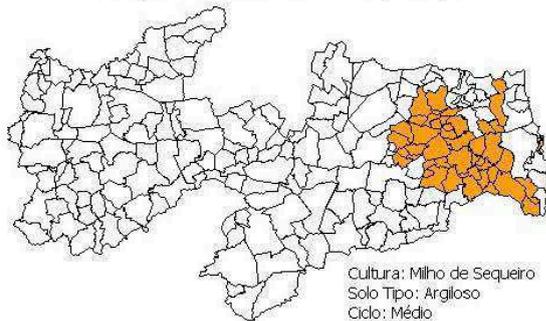
Estado: PB  
Municípios com Plantaio Favorável em: 11/5 a 20/5



Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Médio

(104)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/5 a 31/5



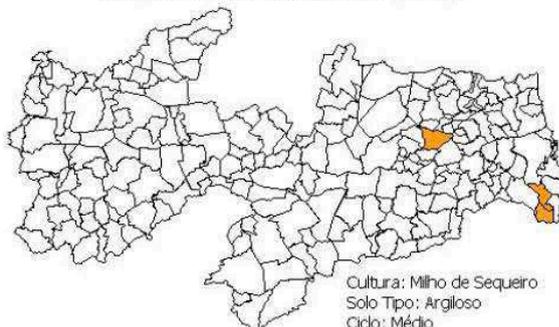
(105)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/6 a 10/6



(106)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/6 a 20/6



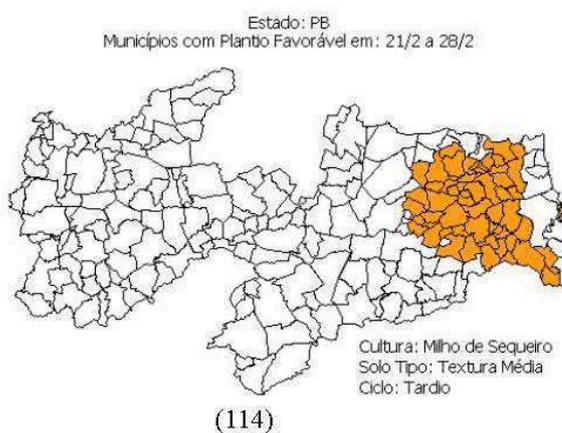
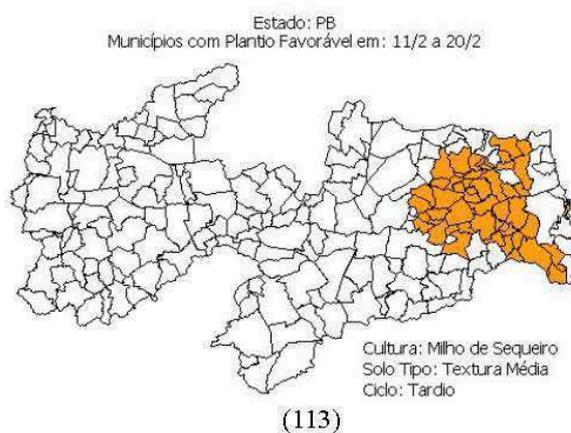
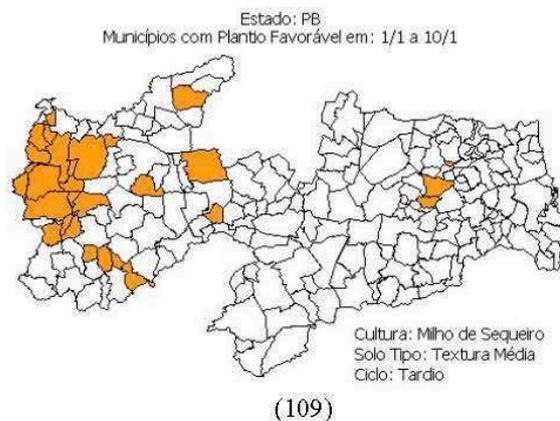
(107)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/6 a 30/6

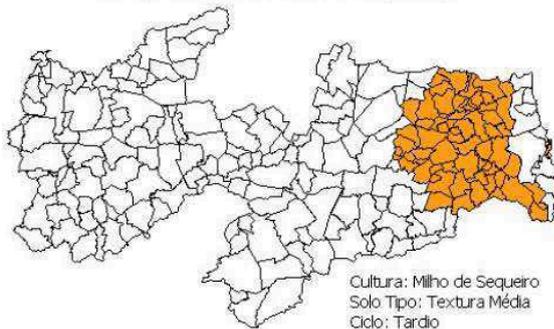


(108)

Figuras de 109 a 125, representativas aos resultados do ciclo tardio – solo textura média - solo tipo 2



Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/3 a 10/3



(115)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/3 a 20/3



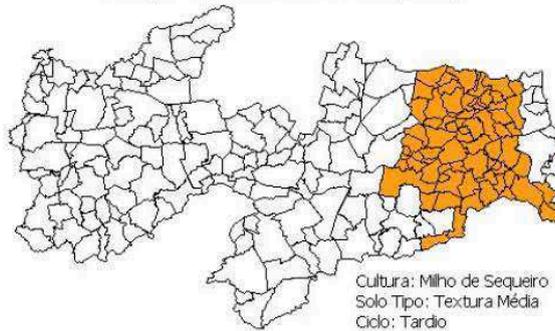
(116)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/3 a 31/3



(117)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/4 a 10/4



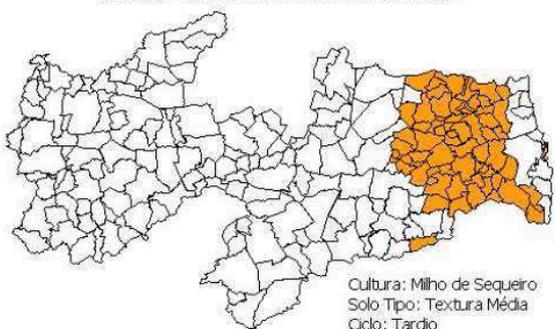
(118)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/4 a 20/4



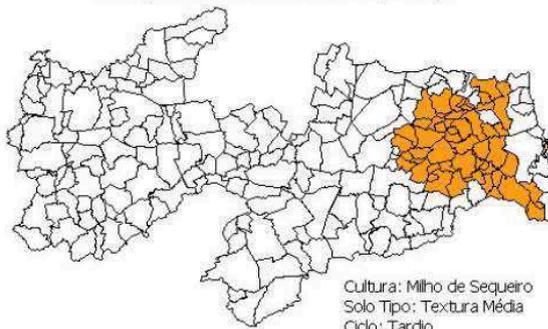
(119)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/4 a 30/4



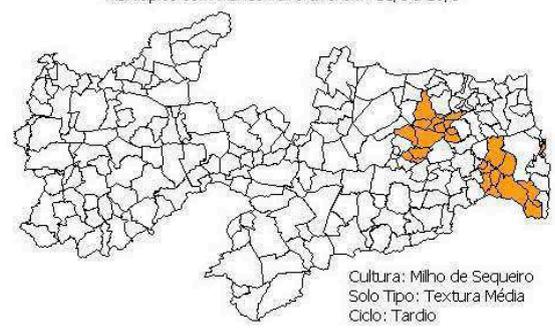
(120)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/5 a 10/5

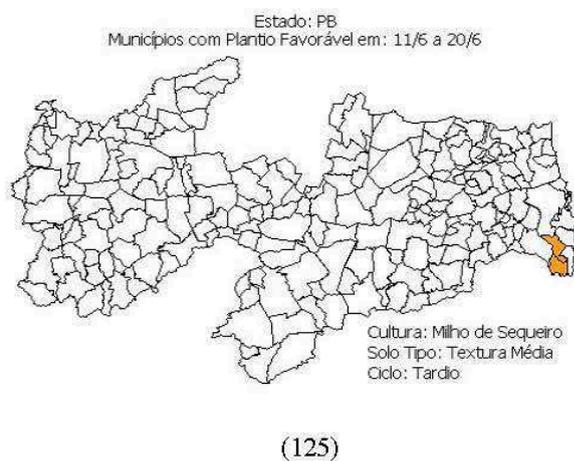


(121)

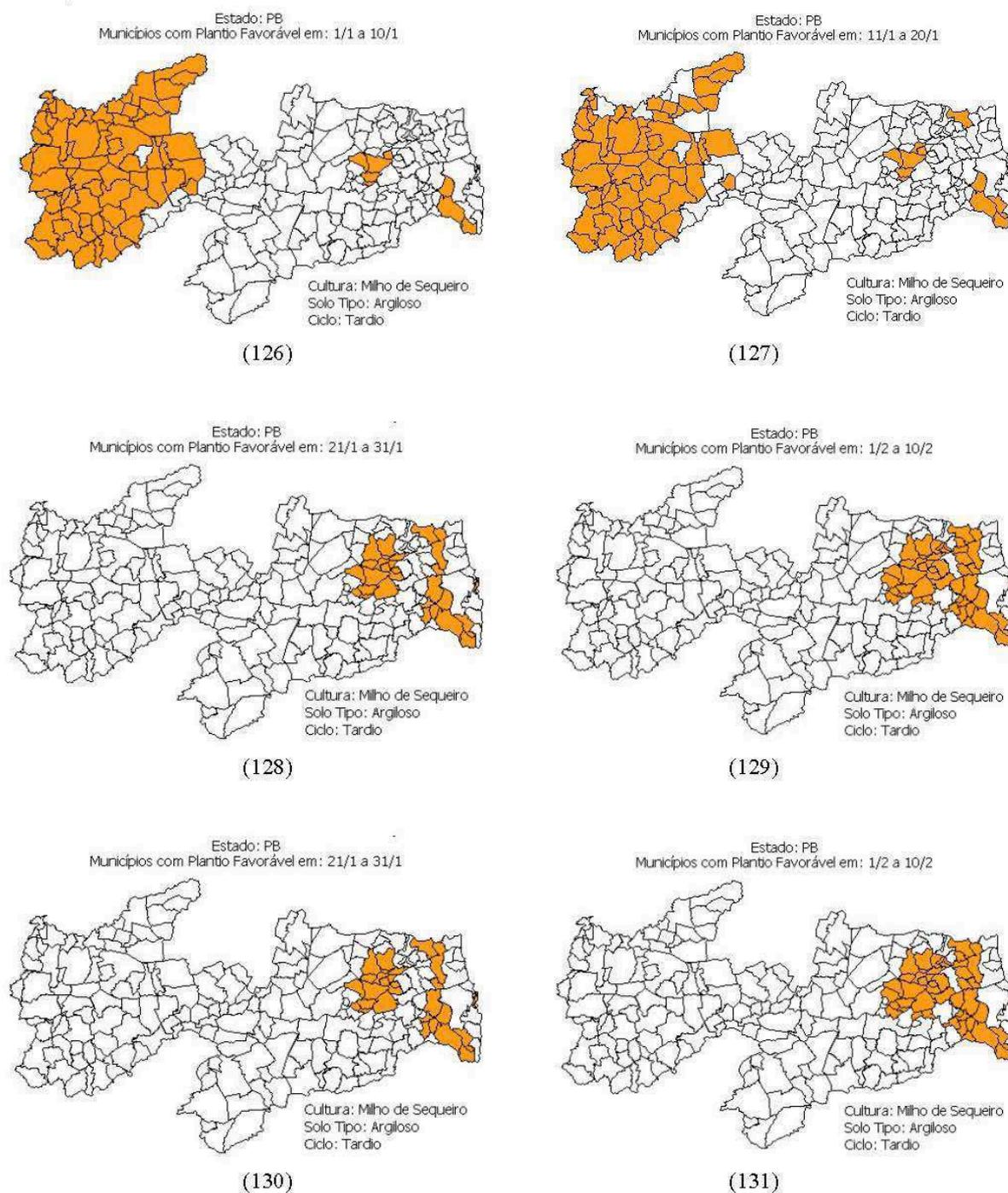
Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/5 a 20/5



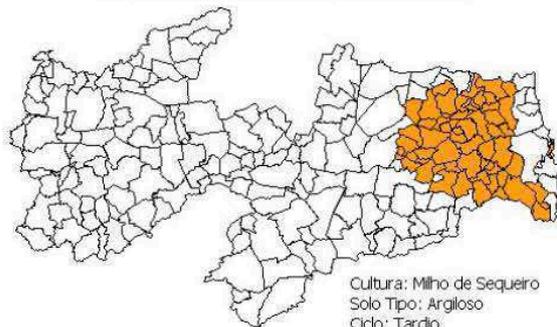
(122)



Figuras de 126 a 143, representativas aos resultados do ciclo tardio – solo textura argilosa - solo tipo 3

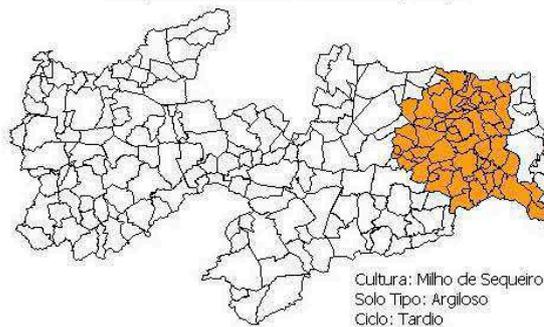


Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/2 a 20/2



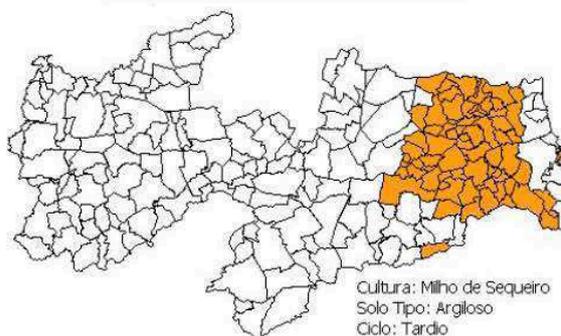
(132)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/2 a 28/2



(133)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/3 a 10/3



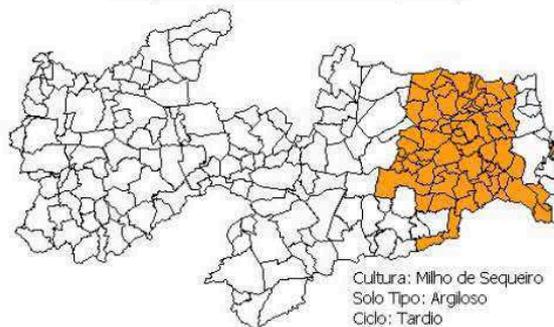
(134)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/3 a 20/3



(135)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/3 a 31/3



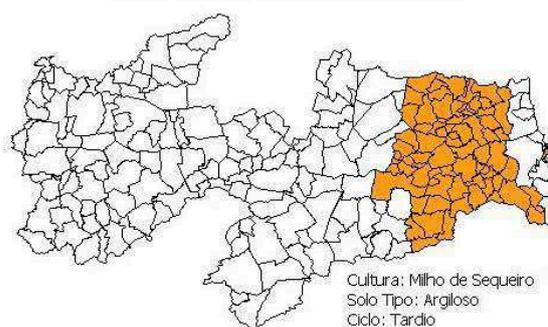
(136)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 1/4 a 10/4



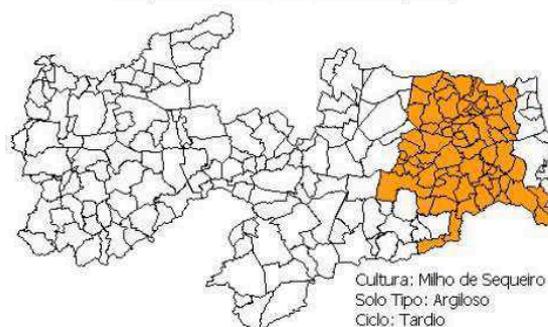
(137)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 11/4 a 20/4



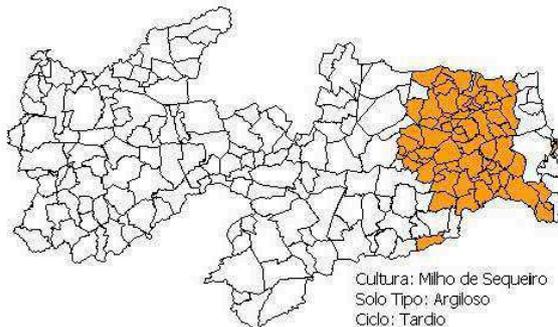
(138)

Estado: PB  
Municípios com Plantio Favorável em: 21/4 a 30/4



(139)

Estado: PB  
Municípios com Planta Favorável em: 1/5 a 10/5



(140)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Tardio

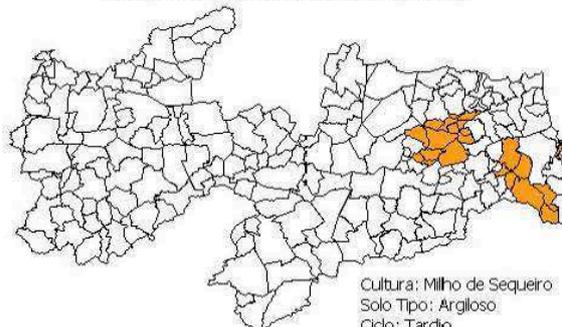
Estado: PB  
Municípios com Planta Favorável em: 11/5 a 20/5



(141)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Tardio

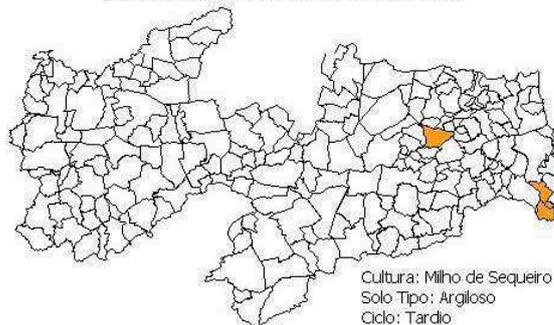
Estado: PB  
Municípios com Planta Favorável em: 21/5 a 31/5



(142)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Tardio

Estado: PB  
Municípios com Planta Favorável em: 1/6 a 10/6



(143)

Cultura: Milho de Sequeiro  
Solo Tipo: Argiloso  
Ciclo: Tardio