

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

**ZONEAMENTO AGRÍCOLA E DE RISCO CLIMÁTICO DA CULTURA DO  
PINHÃO-MANSO (*JATROPHA CURCAS L.*): CENÁRIOS ATUAL E FUTURO**

**GUSTAVO VINAGRE PINTO DE SOUZA**

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**ZONEAMENTO AGRÍCOLA E DE RISCO CLIMÁTICO DA CULTURA DO  
PINHÃO-MANSO (*JATROPHA CURCAS L.*): CENÁRIOS ATUAL E FUTURO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Meteorologia do Instituto de Geociências do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGM-IGEO-CCMN-UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (área: Meteorologia).

ORIENTADORES: PROFA. DRA. CÉLIA MARIA PAIVA  
PROFA. DRA. ANA MARIA BUENO NUNES

RIO DE JANEIRO  
JUNHO DE 2015

**ZONEAMENTO AGRÍCOLA E DE RISCO CLIMÁTICO DA CULTURA DO  
PINHÃO-MANSO (*JATROPHA CURCAS L.*): CENÁRIOS ATUAL E FUTURO**

**GUSTAVO VINAGRE PINTO DE SOUZA**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DO CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (PPGM-IGEO-CCMN-UFRJ) COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM METEOROLOGIA.

Examinada por:

---

CÉLIA MARIA PAIVA, D.Sc.

---

ANA MARIA BUENO NUNES, D.Sc.

---

GUSTAVO BASTOS LYRA D.Sc.

---

LUIZ FRANCISCO PIRES GUIMARÃES MAIA D.Sc.

---

EDILSON MARTON, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL.

JUNHO DE 2015

Souza, Gustavo Vinagre Pinto de

**ZONEAMENTO AGRÍCOLA E DE RISCO CLIMÁTICO DA  
CULTURA DO PINHÃO-MANSO (*JATROPHA CURCAS L.*):  
CENÁRIOS ATUAL E FUTURO/GUSTAVO VINAGRE PINTO DE  
SOUZA.**

**RIO DE JANEIRO: UFRJ/PPGM/IGEO/CCMN, 2015.**

xv, 64 f.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Célia Maria Paiva

Ana Maria Bueno Nunes

Dissertação (Mestrado) – UFRJ/PPGM/IGEO/CCMN  
Programa de Pós-graduação Meteorologia, 2015.

Referências Bibliográficas: p. 58-64.

1. Zoneamento Agrícola. 2. *Jatropha Curcas L.* 3.  
Mudanças Climáticas. I. Paiva, Célia Maria; Nunes, Ana  
Maria Bueno II. Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
PPGM/IGEO/CCMN, Programa de Pós-graduação em  
Meteorologia.

A minha esposa Natalia, meus pais Manoel Francisco e Ana Maria e meu irmão, Guilherme, que sempre me incentivaram e apoiaram durante o mestrado.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Não seria possível realizar este trabalho sem a presença de Deus na minha vida. Fonte de refúgio nos momentos mais difíceis.

Agradeço de coração a compreensão, ajuda incansável e incentivo da minha orientadora Célia Maria Paiva. Sem minha orientadora, não teria conseguido chegar até esta dissertação.

Agradeço a orientação da Professora Ana Maria Bueno Nunes, que por muitas horas me aconselhou, direcionou minha dissertação e contribuiu muito com a aquisição de dados climáticos.

Ao amigo Balbino Antônio Evangelista, exemplo de profissional no qual me inspiro. A minha ex-chefe e amiga Tânia Barreto, por sempre incentivar meu crescimento profissional.

Agradeço aos professores Luiz Francisco Pires Guimarães Maia, Edilson Marton, Gustavo Bastos Lyra e Gutemberg Borges França que aceitaram fazer parte da banca. Agradeço ao colega de trabalho Wilian Ricce, que me ajudou na revisão de equações e mapas.

Agradeço a minha esposa Natalia por estar ao meu lado, compartilhando alegrias, tristezas e sonhos juntos. Aos meus pais, Manoel Francisco e Ana Maria e meu irmão, Guilherme, que foram fundamentais para formação do meu caráter e alicerce em todos os momentos.

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGM/IGEO/CCMN/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.).

## **ZONEAMENTO AGRÍCOLA E DE RISCO CLIMÁTICO DA CULTURA DO PINHÃO-MANSO (*JATROPHA CURCAS L.*): CENÁRIOS ATUAL E FUTURO**

**GUSTAVO VINAGRE PINTO DE SOUZA**

**JUNHO / 2015**

Orientadores: Profa. Dra. Célia Maria Paiva

Profa. Dra. Ana Maria Bueno Nunes

Programa de Pós-graduação em Meteorologia

Este estudo analisou a aptidão agroclimática e o risco climático da região Nordeste do Brasil para a cultura do pinhão-manso para o clima atual (1961 a 1990) e futuro (2041 a 2070). Para tanto, foram utilizadas como referência de aptidão as características climáticas, obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do município com maior produtividade do pinhão-manso no país, Marabá (Pará), com 6.500 kg/hectares. O risco climático foi avaliado utilizando-se o programa computacional *Systeme d'Analyse Regionale des Risques Agroclimatiques* (SARRA). O clima futuro foi projetado por dois modelos climáticos do *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP5) do *International Panel on Climate Change* (IPCC), o CM3 e o ESM2M, fornecidos pelo *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory* (GFDL) da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), para os caminhos representativos RCP 4.5 e RCP 8.5. O primeiro conhecido por ser mais tradicional e o segundo por ser mais apropriado às análises agrícolas. Os resultados indicam que em grande parte da região Nordeste do Brasil observa-se condições favoráveis à exploração da cultura do pinhão-manso com o uso de irrigação.

Palavras chave: Zoneamento Agrícola; *Jatropha Curcas L.*; Mudanças Climáticas; Nordeste Brasileiro

Abstract of Dissertation presented to PPGM/IGEO/CCMN/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

Advisors: Célia Maria Paiva

Ana Maria Bueno Nunes

Department: Meteorology

## **AGRICULTURAL ZONING AND CLIMATE RISK OF CULTURE JATROPHA (*JATROPHA CURCAS L.*): CURRENT AND FUTURE SCENARIOS**

This study analyzed the agroclimate suitability and climate risk in Northeast of Brazil for jatropha cultivation for the current climate (1961-1990) and future (2041-2070). To this end, it was used as reference climate characteristics of the municipality with the highest productivity of jatropha in the country (Marabá with 6500 kg/ha). The Marabá's climate characteristics were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET). The climate risk was assessed using the computer program Systeme d'Analyse Regionale des Risques Agroclimatiques (SARRA). The future climate was designed by two climate models from the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP5) - CM3 and the ESM2M - of the International Panel on Climate Change (IPCC) provided by the Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). The first model is known to be more traditional and the second is more suitable for agricultural analysis. The results indicate that in Northeast of Brazil is observed favorable conditions for the exploitation of jatropha cultivation using irrigation.

Key words: Agricultural zoning; *Jatropha Curcas L.*; Climate Change; Northeast Brazil



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b>	1
1.1.Considerações iniciais	1
1.2. Hipótese	4
1.3.Objetivos	4
<b>CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	6
2.1. Área de Estudo – região Nordeste	6
2.2.Caracterização da Vulnerabilidade Climática e Ambiental no Nordeste	8
2.3. Zoneamento Agrícola	9
2.4. <i>Jatrophas curcas</i> l. (pinhão-manso)	12
2.4.1. A Cultura do Pinhão-Manso	12
2.4.2. Características da Cultura e Aspectos Agronômicos	13
2.4.3. Exigências Climáticas da Cultura	14
2.4.4. Vantagens da Cultura	15
2.4.5. Pinhão-Manso - Cultura Oleaginosa	15
2.5. Mudanças climáticas	17
2.5.1 Mudanças Climáticas	17
2.5.2. Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas	19
2.5.3. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC)	21
2.5.4. Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5)	22
<b>CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS</b>	25
3.1. Zoneamento agroclimático para o clima corrente	25
3.1.1. Região de estudo e dados utilizados	25
3.1.2. Aptidão agroclimática para o clima corrente	29
3.1.3. Risco climático para o clima atual	33
3.2. Zoneamento agroclimático com base nas projeções climáticas	34
<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	37
4.1. Resultados para o clima atual – período 1961 a 1990	37
4.1.1. Aptidão agroclimática	37
4.1.2. Risco climático para o clima atual	45
4.2. Resultados para o Clima Futuro (2041 a 2070)	47
4.2.1. Aptidão Térmica	47

4.2.2. Aptidão Hídrica	51
4.2.3. Aptidão Agroclimática Projetada para o Clima Futuro (2041 a 2070)	53
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Matérias-Primas utilizadas para produção de Biodiesel. Adaptado do EPE (2014).	2
Figura 1.2 - Dependência externa por Energia (EPE 2014).	2
Figura 2.1 – Mapa da região Nordeste.	7
Figura 2.2 - Mapa da região semiárida nordestina.	8
Figura 2.3 – Quantidade de Zoneamentos realizados no período 1996 – 2012, por ano/safra. Fonte: Agroconsult.	11
Figura 2.4 – Quantidade de Zoneamentos realizados no período 1996 – 2012, por região. Fonte: Agroconsult.	11
Figura 2.5 – Pinhão-manso (1) 1,30 metros e (2) 5,0 metros. Adaptado de Ferreira e Batista (2010).	13
Figura 2.6 – Fruto e semente do Pinhão-manso. Fonte: Batista, 2010.	16
Figura 2.7 - Impactos no zoneamento da soja devido às mudanças climáticas projetadas pelo IPCC (Fonte: Assad <i>et al.</i> , 2006).	18
Figura 3.1- Espacialização das estações meteorológicas do INMET na região Nordeste, consideradas neste estudo.	28
Figura 3.2 - Produtividade do pinhão-manso no território brasileiro. Fonte: Adaptado de Dipai/Suinf/Geasa.	31
Figura 3.3 - Espacialização dos dados RCP 4.5 e RCP 8.5 na região Nordeste.	36
Figura 4.1 – Temperatura do ar média anual dos municípios da região Nordeste do Brasil, considerados neste estudo.	37
Figura 4.2 - Municípios da região Nordeste do Brasil que atendem as necessidades térmicas da cultura do pinhão-manso, com base na temperatura do ar média anual.	38
Figura 4.3 – Diferença (delta) entre a temperatura do ar média anual dos 32 municípios termicamente inaptos e as temperaturas basais ótima inferior e superior da cultura do pinhão-manso.	39
Figura 4.4 – Mapa de aptidão térmica dos municípios da região Nordeste do Brasil considerados neste estudo.	40
Figura 4.5 – Municípios hidricamente aptos.	41
Figura 4.6 – Total de meses hidricamente restritos por município.	41

Figura 4.7 – Classes de aptidão agrometeorológica para os municípios da região Nordeste do Brasil considerados neste estudo.	42
Figura 4.8 – Espacialização das classes de aptidão agrometeorológica para os municípios da região Nordeste do Brasil considerados neste estudo.	45
Figura 4.9 – Valores de ISNA para o município de Salvador.	46
Figura 4.10 - Valores de ISNA para o município de Recife.	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Porcentagem de consumo de energia / fonte no setor Agropecuário.	3
Tabela 1.2 - Porcentagem de consumo de energia / fonte no setor de Transportes.	3
Tabela 2.1 - Projeções Climáticas indicadas na região Nordeste (até 2040, 2041-2070, 2071-2100), pelo RAN 1 do PBMC.	21
Tabela 3.1- Dados utilizados para determinação das exigências climáticas da cultura do pinhão-manso para elaboração do zoneamento agroclimático para o clima atual.	25
Tabela 3.2 - Estações meteorológicas na região Nordeste do Brasil, consideradas neste estudo.	26
Tabela 3.3 - Municípios produtores de pinhão-manso, segundo a CONAB (2012).	29
Tabela 3.4 - Resumo do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite & Mather (1955) para o município de Marabá-PA.	32
Tabela 3.5 - Classes de aptidão agroclimática para a cultura do pinhão-manso.	33
Tabela 3.6- Avaliação do ISNA em Marabá (Pará).	34
Tabela 3.7 - Variáveis utilizadas para a projeção dos caminhos representativos.	35
Tabela 4.1 – Classes de aptidão agrometeorológica para os municípios da região Nordeste do Brasil, considerados neste estudo.	43
Tabela 4.2 - Valores de ISNA para o município de Salvador.	47
Tabela 4.3 - Valores de ISNA para o município de Recife.	47
Tabela 4.4 - Aptidão Térmica para 2041-2070 (CM3 e ESM2M) e Clima Corrente.	48
Tabela 4.5 - Quantidade de municípios termicamente aptos e inaptos (INMET versus CM3 versus ESM2M).	51
Tabela 4.6 - Aptidão Hídrica para 2041-2070 (CM3 e ESM2M) e Clima Corrente.	51
Tabela 4.7 - Quantidade de municípios hidricamente aptos e inaptos (INMET versus CM3 versus ESM2M).	53
Tabela 4.8 - Aptidão Agroclimática para 2041-2070 (CM3 versus ESM2M).	54
Tabela 4.9 - Quantidade de municípios aptos e inaptos (CM3 versus ESM2M).	56

## LISTA DE SIGLAS

ANP - Agência Nacional de Petróleo

APROBIO - Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil

CCST/INPE - Centro de Ciência do Sistema Terrestre/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

CER/PROAGRO - Comissão Especial de Recursos/Programa de Garantia da Atividade Agropecuária

CMIP5 - *Coupled Model Intercomparison Project*

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Agropecuária

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ESGF - *Earth System Grid Federation*

ET<sub>p</sub> - Evapotranspiração potencial

ET<sub>r</sub> - Evapotranspiração real

Fipe/USP - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas/Universidade de São Paulo

GCMs - *Global Climate Models*

GEE - Gases de Efeito Estufa

GFDL - *Geophysical Fluid Dynamics*

IIASA - Instituto Internacional para Análise de Sistemas Aplicadas (Áustria)

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC - *International Panel on Climate Change*

ISNA - Índice de Satisfação das Necessidades de Água

JGCRI - *Joint Global Change Research Institute*

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

NIES - Instituto Nacional de Estudos Ambientais (Japão)

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*

OMM - Organização Meteorológica Mundial

PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PNPB - Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

PNUA - Programa das Nações Unidas para o Ambiente

PROAGRO - Programa de Garantia da Atividade Agropecuária

RAN1 - Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do PBMC

RCP - *Representative Concentration Pathways*

SARRA - *Système d'Analyse Regionale des Risques Agroclimatiques*

# CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1.Considerações iniciais

Estudos realizados pela Organização das Nações Unidas indicam que em 2050 a população mundial será de aproximadamente 9,6 bilhões de habitantes. A população brasileira deverá alcançar 214,8 milhões de pessoas em 2020 e 227,3 milhões em 2050. Atender a demanda de energia equivalente a  $301.407 \times 10^3 \text{ tep}^1$ , segundo o Balanço Energético Nacional (EPE, 2014)<sup>2</sup>, será um desafio eminente e o Brasil pode vencer este desafio, pois possui favorável geografia e está situado em uma região tropical, com altas taxas de luminosidade e grande disponibilidade hídrica, fatos que indicam sua capacidade de atender ao consumo interno, como também de exportar o excedente para os países vizinhos. Enfrentar a transposição no consumo de energia fóssil para energias limpas se tornou uma das metas para alcançar o desenvolvimento sustentável.

Em 2004, o governo brasileiro lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), regulamentado pela lei nº 11.097/2005, estabelecendo a obrigatoriedade da mistura B2 a partir de janeiro de 2008 em todo território nacional, ou seja, uso de 2% de biodiesel e 98% de diesel de petróleo. A Lei nº 13.033 de 24/09/2014 revogou a lei de 13 de janeiro de 2005, estabelecendo a adição obrigatória de B6 a partir de 1º de julho de 2014 e B7 a partir de 1º de novembro de 2014. Um marco deste programa foi integrar o trabalho dos agricultores familiares da região do semiárido, possibilitando aprendizado e renda para a população.

De acordo com a EPE (2014), o montante de B100 (biodiesel 100%) produzido no Brasil em 2013 foi de 2.917 m<sup>3</sup>. Valor este que corresponde a um aumento de 7,4 % em relação a 2012 (2.717 m<sup>3</sup>). Sendo a principal matéria-prima o óleo de soja (68,6 %), seguido do sebo bovino (17,3 %), como pode ser observado na Figura 1.1.

---

<sup>1</sup> tep = tonelada equivalente em petróleo. Unidade de energia. A tep é utilizada na comparação do poder calorífero de diferentes formas de energia como o petróleo. Uma tep corresponde à energia que se pode obter a partir de uma tonelada de petróleo padrão.

<sup>2</sup> BEN 2014: Balanço Energético Nacional, ano base 2013, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética.



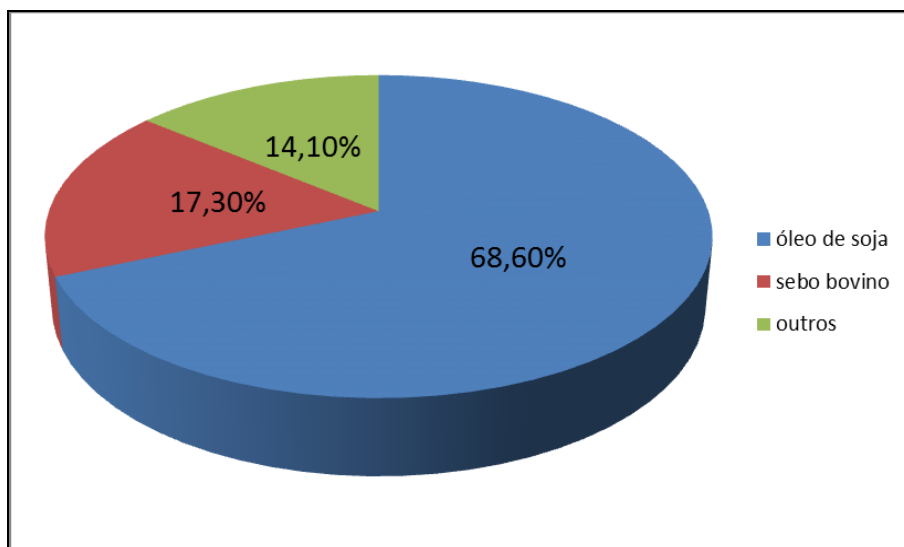


Figura 1.1 - Matérias-Primas utilizadas para produção de Biodiesel.  
Adaptado do Balanço Energético Nacional (Fonte: EPE, 2014).

A diminuição na dependência externa por energia, principalmente por petróleo e eletricidade, indica que o Brasil é capaz de alcançar autossuficiência energética, como indicado na Figura 1.2 (EPE, 2014).

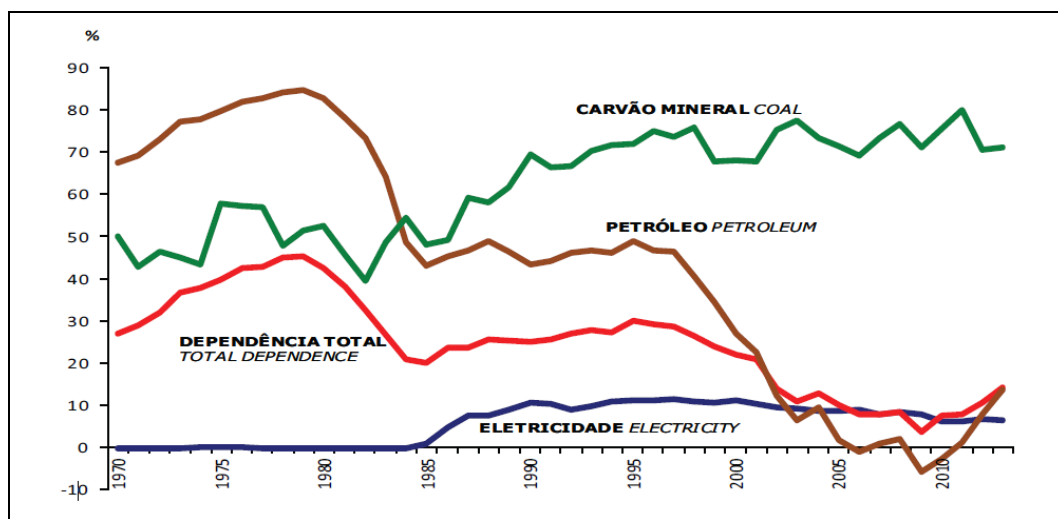


Figura 1.2 - Dependência externa por Energia (Fonte: EPE, 2014).

Analisando os índices de consumo de energia publicados no Balanço Energético de 2014, referentes ao período de 2004 a 2013, verifica-se que o consumo de óleo diesel ainda representa grande porcentagem no consumo de energia nos setores agropecuário (55,2 %) e

de transportes (46,2 %). No entanto, a utilização do biodiesel não apresenta sinais de crescimento (Tabelas 1.1 e 1.2).

Tabela 1.1 - Porcentagem de consumo de energia/fonte no setor Agropecuário.

<b>FONTES</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
LENHA	25,7	26,1	26,2	26,0	25,6	25,2	25,2	24,5	23,4	24,8
ÓLEO DIESEL	57,6	56,6	56,1	56,3	57,4	57,7	57,6	56,6	56,8	55,2
ELETRICIDADE	15,5	16,1	16,5	16,7	16,0	15,9	16,2	18,5	19,3	19,5
OUTRAS	1,2	1,2	12,0	1,0	1,0	1,2	1,0	0,4	0,5	0,5

Adaptado da EPE (2014).

Tabela 1.2 - Porcentagem de consumo de energia/fonte no setor de Transportes.

<b>FONTES</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
ÓLEO DIESEL	52,3	51,1	51,1	49,6	48,3	47,1	46,6	46,2	45,7	46,2
BIODIESEL	0,0	0,0	0,1	0,6	1,2	1,7	2,3	2,4	2,4	2,4
ÓLEO COMBUSTÍVEL	1,5	1,5	1,4	1,6	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2
GASOLINA AUTOMOTIVA	26,2	25,8	26,9	24,6	23,1	23,3	25,1	28,2	30,9	29,3
QUEROSENE	4,5	4,8	4,4	4,5	4,5	4,5	4,6	4,8	4,8	4,3
ALCOOL ETÍLICO	12,5	13,2	11,9	14,8	17,5	18,7	17,3	14,5	12,5	14,3
OUTRAS	3,0	3,6	4,2	4,3	3,7	3,1	2,7	2,6	2,5	2,3

Adaptado da EPE (2014).

De acordo com o Balanço Energético Nacional (EPE, 2014), no ano de 2012, o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiu 429 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO<sub>2</sub>-eq), sendo a maior parte (209,3 MtCO<sub>2</sub>-eq) gerada no setor de transportes. Neste mesmo período, a participação de fontes renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo, com pequena redução devido à menor oferta de energia hidráulica e de etanol.

O Brasil produziu 3,1 bilhões de litros de biodiesel em 2013, segundo a Agência Nacional de Petróleo (ANP), um aumento de 9,4 % em relação a 2012. A Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil (APROBIO) afirma que a indústria do biodiesel está pronta para atender um mercado superior ao atual, que mistura 5 % do biocombustível por litro de diesel fóssil (B5). Segundo a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe/USP), a produção de biodiesel no Brasil representou uma economia de R\$ 11,5 bilhões em importação de diesel no período de 2008 a 2011, quando a mistura do biocombustível no óleo fóssil passou gradativamente de 2 % para 5 %, resultados estes que

apontam para a necessidade de investimentos em tecnologias limpas e pesquisas de culturas aptas à produção de biodiesel.

Neste contexto, a cultura do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) é apresentada como potencial cultura para produção de biodiesel no Nordeste do Brasil, por apresentar tolerância à seca, susceptibilidade em áreas marginais ou degradadas sem a competição com culturas que tenham fins para alimentação e alcançar a produção de 1.892 litros de óleo por hectare/ano (Heller, 1996).

Henning (2005) apud. Saturnino *et al.* (2005), afirmaram que apesar da cultura do pinhão-mansão ser tolerante à seca, sua produtividade pode ser comprometida em regiões que apresentem precipitações pluviárias inferiores a 600 mm/ano. A identificação destas regiões pode ser realizada através de análises históricas de dados, simulações e previsões climáticas.

As projeções climáticas realizadas por Modelos de Circulação Geral utilizam hipóteses sobre o desenvolvimento esperado da humanidade, de forma a mensurar qual deverá ser a influência antrópica no clima. Com esse propósito o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*International Panel on Climate Change - IPCC*) desenvolveu diversos cenários de emissões de gases de efeito estufa para o século XXI. Os cenários climáticos futuros apontam impactos no Nordeste do Brasil, como por exemplo, o aumento das secas especialmente no semiárido (Marengo e Valverde, 2007).

## **1.2. Hipótese**

É possível através do zoneamento agroclimático e de risco climático analisar as áreas de baixo risco para a cultura do pinhão-mansão na região Nordeste do Brasil com os dados da climatologia atual (1961 a 1990) e também avaliar possíveis alterações através dos Caminhos Representativos de Concentrações (RCP's<sup>3</sup>) 4.5 e 8.5 publicados pelo IPCC.

## **1.3. Objetivos**

O objetivo deste trabalho foi identificar as melhores regiões para o plantio do pinhão-mansão na região Nordeste do Brasil, com base no Zoneamento Agroclimático,

---

<sup>3</sup> RCP: Caminhos Representativos de Concentrações de gases de efeito estufa.

ferramenta utilizada pela Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA) e divulgada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), que permite identificar através de dados históricos climáticos e características específicas das culturas, os locais mais apropriados para o plantio de uma determinada cultura em todo território brasileiro.

Como segundo objetivo deste estudo, as projeções do IPCC foram utilizadas para avaliar a aptidão futura do pinhão-mansão na região Nordeste do Brasil. Os modelos utilizados são: GFDL-CM3 e GFDL-ESM2M, e dois caminhos representativos de concentração, RCP 4.5 e RCP 8.5.

Pretende-se avaliar as áreas aptas ao plantio do pinhão-mansão no nordeste brasileiro para o clima corrente, bem como para o futuro, a partir das previsões dos modelos climáticos para o período de 2041 a 2070.

## CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Área de Estudo – região Nordeste

A região Nordeste, selecionada para este estudo, abriga 53 milhões de habitantes, sendo que 22 milhões vivem no semiárido (IBGE, 2010). A região apresenta os maiores índices de pobreza do país, sendo uma das regiões do país mais vulneráveis às mudanças climáticas. As principais atividades econômicas dessa região são a agricultura e pecuária, responsáveis pela fixação da população nas condições do semiárido, onde a agricultura familiar corresponde a 80 % dos estabelecimentos agrícolas (INCRA/FAO, 2000).

Composta por nove estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe), essa região pode ser dividida em quatro sub-regiões diferenciadas pelas suas características edafoclimáticas: Zona da Mata, Agreste, Sertão e Meio-Norte, como apresentado na Figura 2.1.

A Zona da Mata está localizada ao longo de todo o litoral da região Nordeste, concentrando a maior parte da população nas capitais. É a área no Nordeste onde o solo possui a característica de ser mais úmido e fértil, e apresenta recursos minerais, como o petróleo e o gás natural, principalmente na Bahia, Sergipe e no Rio Grande do Norte. Dentre as principais culturas agrícolas na região, destacam-se a cana-de-açúcar, o tabaco e o cacau.

O Agreste se localiza entre a Zona da Mata e o Sertão, ou seja, uma área de transição. Localizado no alto do Planalto da Borborema, que funciona como um obstáculo natural para a chegada das chuvas ao sertão e se estende do sul da Bahia até o Rio Grande do Norte. Do lado leste do planalto estão as terras mais úmidas (Zona da Mata), no lado oeste, se encontra o Sertão (seco). Grandes feiras de alimentos e de gado deram origem a cidades importantes do Agreste, como Caruaru (PE), Campina Grande (PB) e Feira de Santana (BA), que são pólos industriais e de estabelecimentos comerciais importantes do interior nordestino.

O Sertão possui uma extensa área de clima semi-árido, apresentando chuvas irregulares e escassez hídrica. Esta região abrange parte de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Piauí e quase integralmente os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte. Há

predominância do ecossistema da caatinga, típica do semi-árido, nesta região, caracterizada pela presença de pequenas árvores espinhosas e decíduas.

O Meio-Norte se localiza na faixa de transição entre a Amazônia e o sertão, abrange os estados do Maranhão e Piauí. Região conhecida também como Mata dos Cocais, em virtude das palmeiras de babaçu e carnaúba. A região Nordeste do Brasil está situada entre os paralelos de  $01^{\circ}02'30''$  de latitude norte e  $18^{\circ}20'07''$  de latitude sul e entre os meridianos de  $34^{\circ}47'30''$  e  $48^{\circ}45'24''$  a oeste do meridiano de Greenwich.

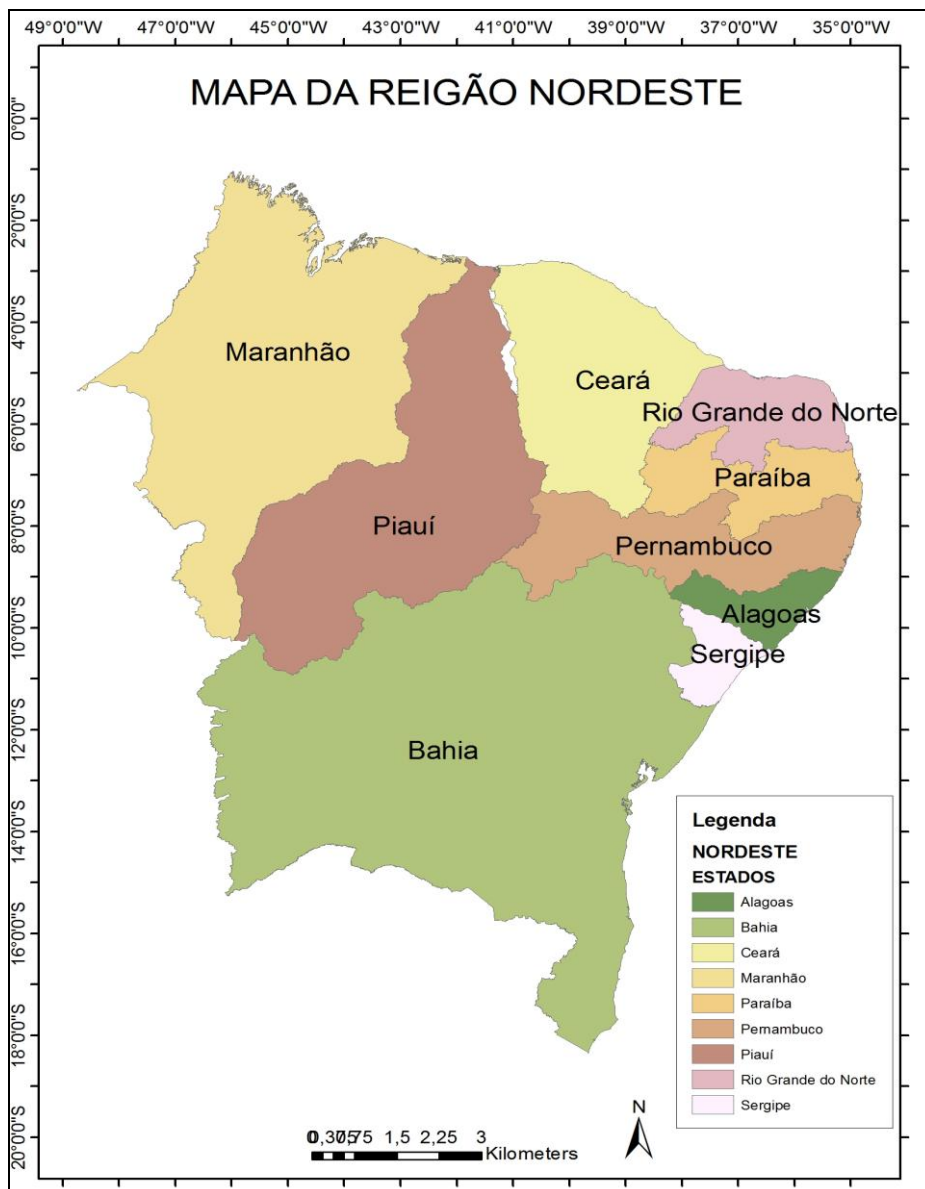


Figura 2.1 – Mapa da região Nordeste.

## 2.2. Caracterização da Vulnerabilidade Climática e Ambiental no Nordeste

Mais de 50 % da área da região Nordeste apresenta clima semiárido (Bsh pela classificação climática de Köppen<sup>4</sup>), como pode ser observado na Figura 2.2. Clima este que é caracterizado por altas temperaturas médias anuais, variando de 19,5°C a 30,1°C e precipitações médias anuais inferiores a 300 mm, segundo as Normais Climatológicas de 1961 a 1990 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Além de alta insolação média anual 2.800 horas, evaporação em torno de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média de 50 %. O volume de água evaporada é de três vezes o volume de água precipitada, configurando um cenário desfavorável de balanço de chuva versus evaporação.



Figura 2.2 - Mapa da região semiárida nordestina.

<sup>4</sup> A classificação de Köppen baseia-se fundamentalmente na temperatura, na precipitação e na distribuição de valores de temperatura e precipitação durante as estações do ano. Nesta classificação o semi-árido tem clima quente e seco, com chuvas de inverno. Pluviosidade média anual inferior a 1.000 mm/ano com chuvas irregulares. Médias anuais térmicas superiores a 25°C.

Outros fatores afetam o ciclo hidrológico da região semi-árida, como a geologia, representada por rochas cristalinas, com capacidade de acumulação de águas restrita às zonas fraturadas, que afloram em grandes extensões de terra, aumentando a taxa de evaporação e de escoamento superficial da região (Campos, 1995). Esse cenário configura a maioria dos rios do semi-árido com regime intermitente, praticamente seco nos períodos de estiagem.

### **2.3. Zoneamento Agrícola**

Em 11 de dezembro de 1973, a lei 5.963 estabeleceu o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO), um importante instrumento de política agrícola do Governo Federal, com o objetivo de garantir a atividade dos produtores rurais, quando os custos investidos em seus empreendimentos (no primeiro momento apenas recursos creditícios e a partir de 1979 - lei 6685, de 03 de setembro de 1979, também recursos próprios), foram prejudicados por fenômenos naturais adversos. Em sua primeira fase, o PROAGRO se configurou como um pagador de seguros.

Administrado pelo Banco Central do Brasil, este programa cobria uma multiplicidade de riscos e propunha-se a isentar o produtor de qualquer risco. Com abundância de recursos públicos, funcionou normalmente até o final dos anos 1980. A partir de 1990, as coberturas deixaram de ser pagas e o passivo acumulado, entre 1991 e 1995, passou de R\$ 700 milhões, (Rossetti, 1997; 1998). No entanto, a variabilidade climática não prevista sempre esteve entre as causas principais de risco à atividade agrícola (Assad & Cunha, 2001), e a elevada taxa de sinistralidade na agricultura brasileira ocorre, na maioria dos casos, devido a causas de natureza climática.

Em 1996, durante a safra de inverno, o Ministério da Agricultura, sob a coordenação da Secretaria da Comissão Especial de Recursos - Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (CER/PROAGRO) implementou o Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos, com novas regras, ou seja, não cobrindo a multiplicidade de riscos. Nesse novo programa, passou a vigorar o incentivo ao uso de novas tecnologias, o plantio direto, cultivares indicadas, épocas e locais de plantio adequados, sendo o Rio Grande do Sul, agraciado com o primeiro zoneamento agrícola para a cultura do trigo.

O Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos é um instrumento de apoio à agricultura, essencialmente nos setores de crédito e seguridade rural. Consiste na análise de



séries históricas de dados meteorológicos e identificação, dada as condições de solos regionais, das áreas adequadas ao cultivo e dos melhores períodos de semeadura para espécies de cultivo, dentro de níveis de risco pré-estabelecidos (Assad , 2008).

Segundo Deconto (2008), o zoneamento agrícola é uma ferramenta utilizada para antever áreas suscetíveis a problemas relacionados ao clima, como seca e geada. Suas informações são geradas por meio de um programa computacional, que considera a água como o principal fator de restrição ao desenvolvimento satisfatório da cultura agrícola. O zoneamento simula o nível de risco de cerca de cinco mil municípios brasileiros para 30 culturas, com probabilidade de perdas da safra de no máximo 20 %, ou seja, a cada 10 anos de cultivo, 8 terão sucesso. Diferentemente dos demais zoneamentos existentes, que foram elaborados com base nos conceitos de potencialidade e aptidão, para o zoneamento agrícola de risco climático, além das variáveis analisadas (clima, solo e planta), aplicam-se funções matemáticas e estatísticas (de frequências e probabilidades) com o objetivo de quantificar o risco de perda das lavouras com base no histórico de ocorrência de eventos climáticos adversos, principalmente a seca.

Dentre os principais resultados alcançados pelo Zoneamento Agrícola, destacam-se: a redução de riscos climáticos para diversas culturas, o retorno de capitais aplicados em operações de crédito agrícola, redução das taxas de sinistralidade e diminuição do número de indenizações pagas pelo PROAGRO e por seguradoras privadas.

A Figura 2.3 indica a evolução dos zoneamentos agrícolas executados no período de 1996 a 2012. Com um total de 3.191 zoneamentos neste período, se percebe elevado crescimento a partir do ano safra 2004/2005, quando o agronegócio brasileiro passou a representar efetivo valor na balança comercial, devido aos grandes investimentos em tecnologias e ótimos resultados nas safras agrícolas.

Para a região Nordeste, no período analisado de 1996 a 2012, foram realizados 1.166 zoneamentos agrícolas, fato que ratifica a importância desta região para agricultura brasileira, conforme apresentado na Figura 2.4.

Até o ano de 2014, a cultura do pinhão-mansão não estava entre as oleaginosas contempladas no zoneamento agrícola do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

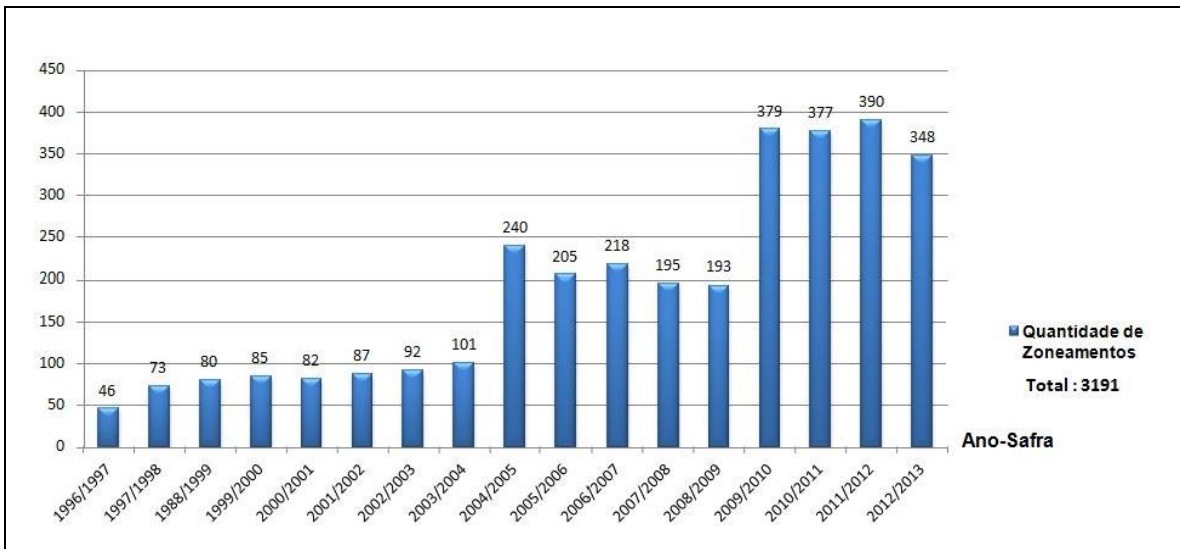


Figura 2.3 – Quantidade de Zoneamentos realizados no período 1996 – 2012, por ano/safra. Fonte: Agroconsult.

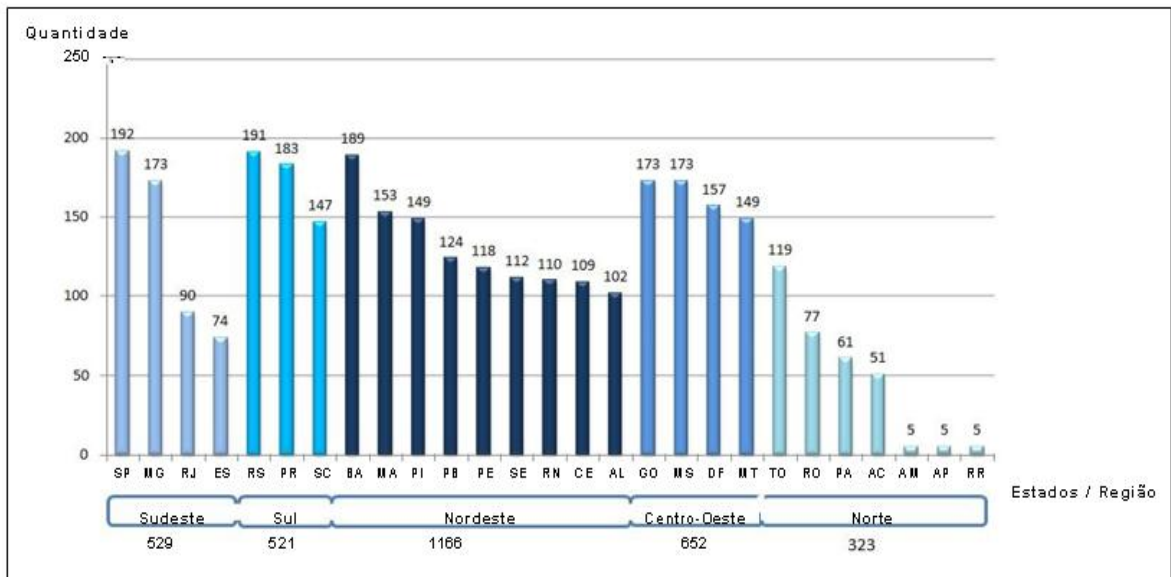


Figura 2.4 – Quantidade de Zoneamentos realizados no período 1996 – 2012, por região. Fonte: Agroconsult.

## 2.4. *Jatropha curcas* L. (pinhão-mansão)

### 2.4.1. A Cultura do Pinhão-Mansão

O pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) pertence à família *Euphorbiaceae* e é uma planta nativa das Américas, disseminada nas regiões tropicais e subtropicais do globo. Esta família botânica inclui a mamona (*Ricinus communis* L.), a mandioca (*Manihot esculentae*) e a seringueira (*Hevea brasiliensis*) (Saturnino, *et al.*, 2005)\*\*. Amplamente distribuído na Ásia, África e Índia (Divakara *et al.*, 2010), o pinhão-mansão também é conhecido como pinhão-paraguaio (Martins e Cruz, 1995; Teixeira, 1987), tempate (Foidl *et al.*, 1996; Saturnino *et al.*, 2005), piñon (Heller, 1996; Saturnino *et al.*, 2005), purguei/ra, physic nut (Duke, 1983; Heller, 1996; Swot, 2002; Saturnino *et al.*, 2005), purging nut (Duke, 1983; Heller, 1996), entre outros.

No Brasil, o pinhão-mansão se adapta às condições edafoclimáticas variáveis e é encontrado desde o estado de São Paulo até as regiões Norte e Oeste do país, sobretudo nos estados de Minas Gerais e Goiás (Drumond *et al.*, 1984). É considerada uma interessante opção agrícola para a região Nordeste, por ser uma espécie nativa e com alta resistência ao estresse hídrico (Arruda *et al.*, 2004). A característica bioenergética desta cultura tem despertado estudos nos últimos anos (Yamada, 2011; Leite, 2011; Spinelli, 2012), à medida que se faz necessária a utilização de novas cultivares mais rentáveis à produção de biodiesel.

Historicamente, os grãos de pinhão-mansão eram utilizados na iluminação de casas, na produção de sabão e diferentes partes da planta utilizadas no uso da medicina popular, a exemplo das sementes que, na África, são usadas como purgantes (Watt & Breyer-Brandwji, 1962). Em Mali, as folhas são usadas no tratamento da malária, a raiz no tratamento da sífilis, pneumonia, como vermífugo e o látex no combate às infecções fúngicas, picadas de insetos e na cicatrização. A ingestão das sementes pode provocar vômitos e diarreia devido à presença de curcuma e ésteres de forbol, de alta toxicidade (Heller, 1996). A madeira do pinhão-mansão pode ser utilizada como material combustível em fornalhas, bem como as cascas dos frutos (Duke, 1983; Heller, 1996; Swot, 2002; Arruda *et al.*, 2004; Saturnino *et al.*, 2005).

Estudos realizados por Núñez-Colín e Goytia-Jiménez (2009), para determinação da distribuição da espécie e dos padrões climáticos da região de origem, apontaram o México e o Norte da América Central como o centro de diversidade da espécie. No México, a diversidade genética é citada na literatura como sendo expressiva, sobretudo por ocorrer naturalmente o genótipo atóxico, sem a presença de ésteres de forbol. No México, habitualmente, as pessoas se alimentam da polpa ou das sementes do pinhão-manso.

#### 2.4.2. Características da Cultura e Aspectos Agronômicos

O pinhão-manso é uma oleaginosa que resiste às diversas variações de solo e clima, tendo ainda a vantagem de possuir um ciclo perene e produtividade média de duas toneladas por hectare (Melo *et al.*, 2006). A partir do quarto ano, a planta pode atingir potencial de produção superior a quatro toneladas por hectares de sementes e produtividade média de óleo superior a duas toneladas hectares (Drumond *et al.*, 2010).

O pinhão-manso é uma planta arbustiva que pode atingir 12 metros de altura, sem poda, segundo. Na Figura 2.5, é possível observar o pinhão-manso em dois estágios distintos de desenvolvimento (1,30 metros e 5,0 metros de altura). Cultivada sob condições agrícolas favoráveis, pode chegar a 7 metros de altura, com diâmetro de tronco acima de 20 cm em quatro anos. O sistema radicular é do tipo pivotante, com uma raiz axial que pode atingir 5 m de profundidade, com a formação de até quatro raízes laterais (Foild *et al.*, 1996; Heller, 1996). A planta exige nutrientes em grandes quantidades, principalmente nitrogênio e potássio (Laviola & Dias, 2008).



Figura 2.5 – Pinhão-manso (1) 1,30 metros e (2) 5,0 metros. Adaptado de Batista (2010).

O plantio pode ser realizado por estaquia ou por sementes. Carvalho *et al.* (2009) indicam que as estacas devem ser extraídas de ramos mais próximos da base (lenhosos), de

matrizes de boa origem, saudáveis, com bom desenvolvimento, de até dois anos de idade. A desvantagem deste método se dá por a planta não formar raiz pivotante, ficando mais vulnerável ao estresse hídrico, por limitar a exploração do solo em maior profundidade, ter menor longevidade, ser mais suscetível ao tombamento e ao ataque de pragas e doenças (Saturnino *et al.*, 2005).

Segundo Peixoto (1973), o pinhão-manso é uma planta que responde muito bem a poda, apresenta uma capacidade de rebrota elevada e rápido crescimento dos ramos. As podas podem ser realizadas anualmente, buscando aumentar os números de ramos produtivos e elevando a produtividade da planta.

### **2.4.3. Exigências Climáticas da Cultura**

No Brasil, sob condições de sequeiro<sup>5</sup>, a planta do pinhão-manso cresce em regiões com precipitações pluviárias variando de 480 a 2.380 mm anuais e temperaturas médias anuais entre 18,0°C e 28,5°C (Saturnino *et al.*, 2005). No entanto, ela cresce melhor com chuvas anuais acima de 600 mm, sendo tolerante a longos períodos de estiagem (Severino *et al.*, 2006).

Duke (1983) classificou a cultura de pinhão-manso como tolerante à precipitações anuais de 1.430 mm, em média, e temperaturas anuais médias de 25,2°C. Heller (1996) afirmou que a espécie se adapta melhor com precipitações anuais entre 300 e 1.000 mm, temperaturas médias anuais entre 20 e 28°C e altitudes de 0-500 metros.

Foild *et al.* (1996) descreveram o desenvolvimento da cultura entre 250 e 3000 mm, podendo ser encontrada desde o nível do mar até 1800 m de altitude. Swot (2002) relatou o crescimento espontâneo de pinhão-manso em regiões com precipitações abaixo de 500 a 600 mm e altitudes menores que 500 m, enquanto Arruda *et al.* (2004) indicaram regiões com altitudes entre 500 a 800 m como as mais propícias ao cultivo comercial da espécie. Ainda Arruda *et al.* (2004) caracterizaram a planta como sendo adaptável à condições edafoclimáticas muito variáveis, desde regiões tropicais secas, como nas zonas equatoriais úmidas, estando em concordância com os relatos de Duke (1983) e Heller (1996).

---

<sup>5</sup> Sequeiro: plantio realizado sem a necessidade de irrigação em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura.

Para se obter alta produtividade de frutos, a planta necessita de água e exige solos férteis e com boas condições físicas. Logo, a irrigação, a correção da acidez e da fertilidade do solo são fatores decisivos para se obter sucesso e lucratividade com esta cultura (Chaves *et al.*, 2009; Schiavo *et al.*, 2010).

#### **2.4.4. Vantagens da Cultura**

Entre as vantagens do cultivo de pinhão-manso está a sua rusticidade, resistência ao estresse hídrico, adequação ao consórcio com outros cultivos anuais e a fácil propagação, podendo ser estabelecido por via seminal ou clonal<sup>6</sup>. Esta espécie perene tem sido utilizada na recuperação de terrenos marginais, erodidos e na retenção da água no solo.

Segundo Frigo Sato *et al.* (2008), dentre as culturas com potencial produtivo de óleo para fins combustíveis, o pinhão-manso é a que apresenta o cenário mais positivo, seja pela alta produção de óleo por hectare, ou mesmo pela não concorrência com outros mercados, como ocorre com as outras oleaginosas.

#### **2.4.5. Pinhão-Manso - Cultura Oleaginosa**

Estima-se que no Brasil a área plantada com pinhão-manso seja superior a 30 mil hectares e para validar estas informações, além de coletar dados sobre produção, produtividade, rentabilidade e informações sobre indústrias que fazem a extração do óleo do pinhão manso no Brasil, a CONAB realizou o levantamento nos estados de MT, MG, GO, TO, MA, ES, SP, BA, PA, RJ e do DF.

Nos estados onde foram localizados plantio ou vestígios de cultivo do pinhão-manso foi possível estimar as áreas plantadas, remanescentes ou abandonadas. As informações obtidas no levantamento indicaram que o processo de produção e comercialização se encontram efetivamente implantados no estado do Pará, cuja produção é exportada para a Espanha. Nos demais estados se deveria continuar com o acompanhamento das possíveis colheitas esperadas dos experimentos realizados. Essa situação se observa nos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Maranhão,

---

<sup>6</sup> Propagação clonal: a via clonal ou vegetativa do pinhão-manso se estabelece por estaquias, enxertia e micro propagação ou cultura de tecidos vegetais *in vitro* (Saturnino *et al.*, 2005).

Rio de Janeiro e Tocantins. No caso de São Paulo a tendência é de extinção da cultura, muito embora seja necessário o acompanhamento das ações dos produtores.

A produção elevada de óleo por hectare do pinhão-manso foi comparada a outras culturas como palma, girassol e soja, que já possuem estudos avançados para produção de biodiesel.

A semente do pinhão-manso mede de 1,5 a 2,0 cm de comprimento, entre 1,0 e 1,3 cm de largura e pesa entre 0,5 e 0,8 gramas. Sua constituição é apresentada com um tegumento rijo e película branca cobrindo a amêndoa. A amêndoa contém o albúmem ou endosperma (abundante, branco e oleaginoso), aproximadamente 38 % de óleo, e o embrião formado pelo eixo embrionário e por dois largos cotilédones achatados e foliáceos (Heller, 1996; Arruda *et al.*, 2004; Saturnino *et al.*, 2005), como pode ser observado na Figura 2.6.



Figura 2.6 – Fruto e semente do Pinhão-manso. Fonte: Batista (2010).

O interesse comercial pela cultura do pinhão-manso no Brasil se deve ao fato desta cultura apresentar características desejáveis para uma possível renovação da base energética nacional e favorecer a permanência do produtor no campo (Francis *et al.*, 2005; Teixeira, 2004).

## 2.5. Mudanças climáticas

### 2.5.1 Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas afetam a população e a economia mundial com impactos graves nos ecossistemas, como alterações na biodiversidade, além de impactos na saúde e na agricultura (Marengo, 2006). Um estudo sobre a vulnerabilidade das populações brasileiras apontou o Nordeste como a região mais sensível às mudanças climáticas no Brasil, devido aos baixos índices de desenvolvimento social e econômico (Confalonieri & Marinho, 2007).

Em relação à agricultura, pesquisas recentes indicam mudança do atual eixo de produção (Marengo, 2006). A Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) realizou simulações para estimar o impacto do aquecimento em cinco cultivos: soja, milho, café, arroz e feijão. Os resultados de cenários com aumentos de temperatura entre 1,3°C e 5,8°C e proporções de 5 %, 10 % e 15 % de aumento nas precipitações deixaram evidente a necessidade de um forte reordenamento geográfico da produção agrícola do país.

Nas próximas décadas, os cultivos de grãos serão prejudicados na região Sul do Brasil. O excessivo calor do verão deverá condicionar o avanço de produções, como as de arroz, feijão, milho e soja para a região centro-oeste (Assad *et al.*, 2006). A Figura 2.7 ilustra os impactos das simulações realizadas para a soja.



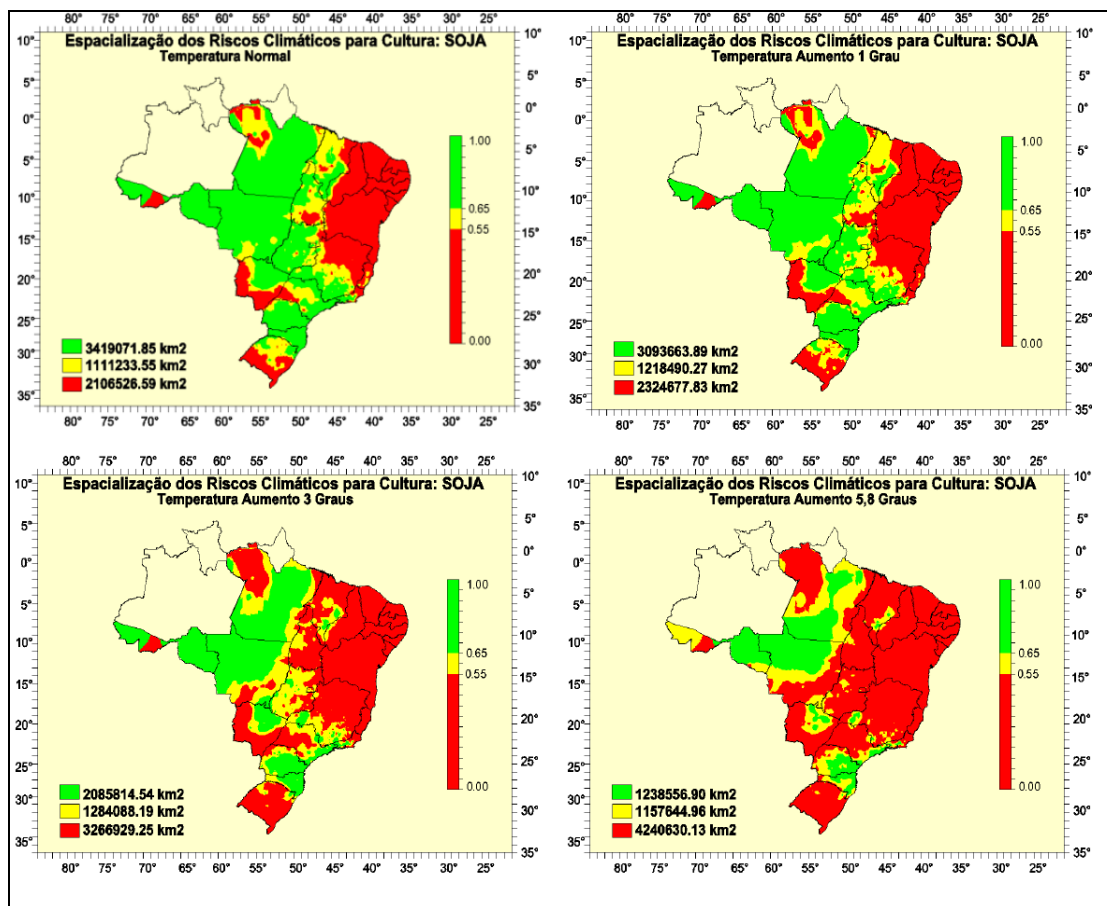


Figura 2.7 – Impactos no zoneamento da soja devido às mudanças climáticas projetadas pelo IPCC (Fonte: Assad *et al.*, 2006).

No caso do café, Assad *et al.* (2006) relatou que foram feitas várias simulações e avaliações dos impactos que um aumento na temperatura média do ar de 1°C, 3°C e 5,8°C e um incremento de 15 % na precipitação pluvial teriam na potencialidade da cafeicultura brasileira, definida pelo atual zoneamento agroclimático do café (*Coffea arabica* L.) nos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná.

Os resultados indicaram redução de área apta para a cultura superior a 95 % em Goiás, Minas Gerais e São Paulo, e de 75 % no Paraná, no caso de aumento na temperatura de 5,8°C. Nos cenários estudados, o deslocamento da produção poderia ocorrer para áreas montanhosas, de difícil manejo, onde as temperaturas médias anuais abaixo de 23°C ainda seriam observadas. Esses resultados são válidos se mantidas as atuais características genéticas e fisiológicas das cultivares de café arábica utilizadas no Brasil (Assad *et al.*, 2004).

De acordo com Assad *et al.* (2006), uma alternativa seria trabalhar a mudança genética das plantas para que elas possam, no futuro, suportar maiores temperaturas.

Mesmo que isso seja feito, ele afirma que haverá necessidade de migração dos plantios (Assad *et al.*, 2006). Segundo o pesquisador, quanto maior a anomalia de temperatura, menor a aptidão da região, até o limite máximo de tolerância biológica ao calor. Por outro lado, culturas tolerantes às altas temperaturas provavelmente seriam beneficiadas até o seu limite próprio de tolerância ao estresse térmico.

No caso de baixas temperaturas, regiões que atualmente são limitantes ao desenvolvimento de culturas suscetíveis a geadas, com o aumento do nível térmico decorrente do aquecimento global, passarão a apresentar condições favoráveis ao desenvolvimento de vegetações (Assad *et al.*, 2004). Nesse sentido, Assad *et al.* (2006) reforçou ser preciso estar preparado para a mudança de aptidão agrícola, em que as culturas deverão migrar para regiões onde o cultivo possa ser sustentado.

Os resultados desses estudos são essenciais para o planejamento de ações futuras, tendo como base as mudanças climáticas e seus impactos. Como exemplo disso, pode-se citar as ações do Ministério da Agricultura, que pretende oferecer novas opções de cultivos para os agricultores gaúchos, os mais afetados pelas mudanças climáticas. Pela primeira vez serão definidas na região áreas para plantio de girassol, rícino e frutas temperadas, como pêssego, nectarina e pêra. Estes ajustes no extremo sul começaram em 2005, quando pela primeira vez limitou-se o plantio de soja.

### **2.5.2. Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas**

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*International Panel on Climate Change* - IPCC) é o principal órgão científico internacional para as avaliações das alterações climáticas. Foi criado em 1988, pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), com o objetivo de fornecer visões científicas sobre o estado atual do conhecimento das mudanças climáticas e seus possíveis impactos sócio-econômicos e ambientais futuros.

Os modelos citados pelo IPCC são modelos climáticos globais (*Global Climate Models* - GCMs) que trabalham com uma gama de tipos de modelagem, dentre elas: a modelagem atmosférica, atmosférica acoplada com o oceano, sistemas terrestres, dentre outras. Apresentam resoluções que variam na ordem de centenas de quilômetros e são utilizados como ferramentas para indicar tendências do clima no futuro.

Para se obter informações sobre as variações climáticas em menor escala (ex: mesoescala, de 1km a 1000 km/tempestades, frentes, etc), utilizam-se modelos regionais que podem ser obtidos, por exemplo, através de aninhamento de grades, sendo as saídas dos modelos climáticos globais as condições iniciais e de contorno.

Os modelos regionais permitem identificar relacionamentos não-lineares entre o clima local e a circulação em grande escala e simulam o clima de forma mais refinada, isto é, muito semelhante aos dados observados empiricamente. Os modelos globais podem indicar, por exemplo, que a temperatura da Amazônia aumentará 5°C em determinado cenário. Mas essa alteração climática não deverá ocorrer de forma homogênea em toda a imensa região amazônica; daí a importância dos modelos regionais.

Com o uso dos modelos climáticos são gerados produtos climáticos com projeções futuras de clima, chamados de cenários climáticos, e passíveis de uso em estudos dos impactos da mudança de clima em diversos setores socioeconômicos (agrícola, energético, saúde, recursos hídricos, etc.), indicando a vulnerabilidade aos riscos na forma de probabilidade. Os cenários gerados correspondem ao período de 1961-1990 (clima presente) e 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100 (clima futuro). Os produtos gerados pelos modelos normalmente são:

I - Mapas com as projeções de cenários de climas futuros para o Brasil (médias sazonais e anuais de temperatura do ar à superfície e precipitação pluvial) até 2070, em relação a 1961-1990, para os cenários de emissão do IPCC (por exemplo, para os caminhos representativos RCP's).

II - Mapas com as projeções de cenários de climas futuros regionalizadas para as regiões do Brasil (médias sazonais e anuais de temperatura do ar à superfície e precipitação pluvial), comparando dados observados com modelos que utilizam somente as forçantes naturais e modelos que utilizam a combinação das forçantes naturais com as antropogênicas.

III - Conjunto de dados na forma de planilhas, contendo, principalmente, as coordenadas geográficas, a escala de tempo e o valor da variável analisada como anomalias de temperatura e precipitação.

IV - Gráficos, principalmente, de anomalias de temperatura e precipitação e concentração de GEE na atmosfera, ao longo do horizonte temporal considerado.

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é o principal responsável por coordenar a modelagem regional do clima e de cenários da mudança do clima para o futuro. O INPE também coordena a relação entre esses resultados e as pesquisas e estudos de vulnerabilidade e adaptação relativos aos setores estratégicos que são vulneráveis aos impactos associados à mudança do clima no Brasil.

A partir de 2013, estão disponíveis na *internet* os dados de cenários climáticos futuros produzidos pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do INPE, com o objetivo de apoiar as atividades de ensino, pesquisa e outras aplicações em meteorologia, hidrologia, saúde pública, meio ambiente, etc.

### 2.5.3. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

Em 2011, foi elaborado o Primeiro Relatório de Avaliação Nacional (RAN1) do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), com o objetivo de conhecer a realidade do País e fomentar subsídios para escolhas relativas às medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Segundo Muehe (2010), mesmo que as variações de precipitação não sejam extremas, estas afetarão principalmente o semiárido Nordeste, devido à deficiência hídrica latente na região. No Nordeste, 25,71 % da população (12.286.455 habitantes) estão expostos ao risco social, ou seja, a população mais vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas (Nicolodi & Pettermann, 2010). A Tabela 2.1 apresenta as projeções de precipitação (redução) e temperatura (aumento) para a região Nordeste.

Tabela 2.1 - Projeções Climáticas indicadas na região Nordeste (até 2040, 2041-2070, 2071-2100), pelo RAN 1 do PBMC.

Região	Período	Precipitação (%)	Temperatura (°C)	Avaliações
Mata Atlântica (NE)	Até 2040	- 10 %	+ 0,5° a 1,0°C	Baixa confiabilidade nos resultados de precipitação.
	2041 - 2070	- 20 % a 25 %	+ 2,0° a 3,0°C	
	2071 - 2100	- 30 % a 35 %	+ 3,0° a 4,0°C	

Fonte: PBMC, 2013.

#### 2.5.4. Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5)

O Projeto internacional CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project*) de intercomparação de modelos de mudanças climáticas globais fase 05 (cinco) (IPCC AR5) utilizou conjuntos consistentes de projeções de componentes da forçante radiativa, que se destinam a servir como entrada para modelagem climática em escala padrão e modelagem química atmosférica, chamados de Caminhos Representativos de Concentrações, "*Representative Concentration Pathways*" (RCP's).

De acordo com Clarke *et al.* (2007), a forçante radiativa é definida a partir do conjunto dos seis gases do efeito estufa: o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonetos (HFC), fluorocarbonetos (FCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>).

O forçamento radiativa define-se como o aumento efetivo da radiação que incide sobre a terra, produzida por perturbações do balanço energético entre o topo da troposfera (tropopausa) e a superfície terrestre, de maneira a atingir um novo equilíbrio térmico na superfície. Tais perturbações podem ocorrer via o aumento da concentração dos Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera (Furtado, 2012).

Tipos de Caminhos Representativos de Concentrações:

**RCP 2.6:** desenvolvido pela equipe de modelagem de imagem da Agência de Avaliação Ambiental da Holanda. Considera níveis muito baixos de concentração de gases de efeito estufa. É um chamado cenário "pico": o seu primeiro nível de forçante radiativa atinge um valor aproximado de 3,1 W/m<sup>2</sup> em meados do século, retornando a 2,6 W/m<sup>2</sup> em 2100 (Van Vuuren *et al.*, 2007).

RCP 4.5: desenvolvido pela equipe de modelagem MiniCAM do Instituto de Pesquisa do *Pacific Northwest National Laboratory* da *Joint Global Change Research Institute* (JGCRI). É um cenário de estabilização onde a forçante radiativa total será estabilizada antes de 2100 pelo emprego de uma gama de tecnologias e estratégias para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (Wise *et al.*, 2009).

**RCP 6.0:** desenvolvido pela equipe de modelagem do Instituto Nacional de Estudos Ambientais (NIES), no Japão. É um cenário de estabilização onde a forçante radiativa se estabilizaria após 2100, sem o emprego de tecnologias e estratégias para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (Hijioka *et al.*, 2008).

**RCP 8.5:** desenvolvido pela equipe de modelagem do Instituto Internacional para Análise de Sistemas Aplicados (IIASA), na Áustria. O RCP 8.5 é caracterizado pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa ao longo do tempo, levando a altos níveis de sua concentração na atmosfera e, portanto, ao aumento da forçante radiativa desse cenário para aproximadamente  $8,5 \text{ W/m}^2$  (Riahi *et al.*, 2007).

O desenvolvimento dos RCP's permite que modelos climáticos sigam com experimentos em paralelo ao desenvolvimento de cenários de emissões e sócio-econômico, acelerando o processo de desenvolvimento do cenário global (Moss *et al.*, 2010). Desta forma, o GFDL<sup>7</sup> contribui com o desenvolvimento de modelos que permitem avaliar variabilidades futuras, como por exemplo, os modelos: GFDL-CM3 e GFDL-ESM2M.

Modelos climáticos são representações numéricas do sistema climático, baseados nas propriedades físicas, químicas e biológicas de seus componentes, nas suas interações e nos processos de retroalimentação. Em virtude do grande número de modelos existentes e das divergências produzidas nas projeções pelos modelos globais do CMIP5 é imprescindível uma metodologia de avaliação que seja capaz de identificar os modelos que representam o clima na região Nordeste do Brasil, a fim de tratar a incerteza associada às projeções nos modelos.

A previsão do clima global, utilizando modelos climáticos está relacionada à condição de contorno oceânica e terrestre e de que forma se processa a variabilidade e o acoplamento das forçantes com a atmosfera (Cândido *et al.*, 2007)

Os dados provenientes do CMIP5 são resultados de simulações de modelos globais de alguns centros de pesquisa que contribuem para a confecção dos relatórios do IPCC, forçadas pelas concentrações observadas de gases de efeito estufa durante o século XX. Os modelos escolhidos para avaliar as projeções de temperatura e precipitação foram os

---

<sup>7</sup> Geophysical Fluid Dynamics Laboratory: laboratório de pesquisa americano vinculado ao IPCC.

GFDL-CM3 e GFDL-ESM2M. A escolha por estes modelos se deve à resolução que apresenta e disponibilidade de informações.

O aspecto essencial para a escolha dos modelos supracitados deve-se ao fato do modelo CM3 apresentar características tradicionais de análises climáticas, que permitem avaliar a influência de emissões de gases de efeito estufa com as interações oceano-atmosférica para indicar as projeções climáticas futuras.

A medida que, o modelo ESM2M configura-se como um modelo que avalia as mesmas interações do modelo CM3, tendo como diferencial a análise de indicativo bioquímico e interações com o uso e cobertura do solo, como diferencial entre os modelos, (Flato, 2011).

## CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1. Zoneamento agroclimático para o clima corrente

#### 3.1.1. Região de estudo e dados utilizados

Neste estudo foram utilizados dados de temperatura do ar e precipitação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do município de Marabá para a determinação dos critérios de aptidão térmica e hídrica da cultura do pinhão-mansão, assim como de risco climático (Tabela 3.1). Na literatura, os poucos trabalhos existentes não fornecem informações convergentes em relação aos critérios de aptidão agroclimática para a cultura do pinhão-mansão. Dessa forma, optou-se por considerar o clima do município de Marabá, região comprovadamente com boa produtividade (CONAB, 2012) como tendo as condições ótimas para essa cultura.

Tabela 3.1- Dados utilizados para determinação das exigências climáticas da cultura do pinhão-mansão para elaboração do zoneamento agroclimático para o clima atual.

Finalidade do dado	Dado/Fonte	Período	Município
Determinação da exigência térmica do pinhão-mansão	Temperatura do ar média anual (INMET)	1973-1990 <sup>8</sup>	Marabá
Determinação da Exigência hídrica do pinhão-mansão	Precipitação total média mensal (INMET) e Deficiência hídrica total média mensal (BHC) <sup>9</sup>	1973-1990 <sup>8</sup>	Marabá
BHC	Temperatura do ar média anual e Precipitação total média mensal (INMET)	1973-1990 <sup>8</sup>	Marabá
Exigências de ISNA <sup>10</sup> para o pinhão-mansão	Evapotranspiração de referência total média mensal (BHC) <sup>9</sup> e Evapotranspiração real total média mensal (BHC) <sup>9</sup>	1973-1990 <sup>8</sup>	Marabá

<sup>8</sup> Período de dados disponível no INMET.

<sup>9</sup> Obtida do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) de Thornthwaite & Mather (1955).

<sup>10</sup> Índice de satisfação das necessidades de água para análise de risco climático.



Na elaboração do zoneamento agroclimático da cultura do pinhão-mansão para a região Nordeste do Brasil considerou-se os dados de temperatura média mensal e precipitação total média mensal do período de 1961 a 1990, de estações meteorológicas localizadas em 64 (sessenta e quatro) municípios, distribuídos nos nove estados dessa região, conforme a Tabela 3.2 e a Figura 3.1, a saber: 02 em Alagoas; 19 na Bahia; 10 no Ceará; 07 no Maranhão; 04 na Paraíba; 09 em Pernambuco; 04 no Piauí; 06 no Rio Grande do Norte; e 03 em Sergipe.

Tabela 3.2 - Estações meteorológicas na região Nordeste do Brasil, consideradas neste estudo.

<b>Nome da Estação</b>	<b>UF</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
Coruripe	AL	10°09'	36°10'
Maceió	AL	09°40'	35°42'
Alagoinhas	BA	12°17'	38°33'
Barreiras	BA	12°09'	45°00'
Bom Jesus da Lapa	BA	13°16'	43°25'
Caetité	BA	14°04'	42°29'
Caravelas	BA	17°44'	39°15'
Cipó	BA	11°05'	38°31'
Ilhéus	BA	14°48'	39°04'
Itaberaba	BA	12°31'	40°17'
Itiruçu (Jaguaquara)	BA	13°21'	40°07'
Jacobina	BA	11°11'	40°28'
Lençóis	BA	12°34'	41°23'
Monte Santo	BA	10°26'	39°18'
Morro do Chapéu	BA	11°13'	41°13'
Paulo Afonso	BA	09°22'	38°13'
Remanso	BA	09°38'	42°06'
Salvador (Ondina)	BA	13°00'	38°30'
Santa Rita de Cássia (Ibipetuba)	BA	11°01'	44°31'
São Francisco do Conde	BA	12°37'	38°40'
Serrinha	BA	11°38'	38°58'
Barbalha	CE	07°19'	39°18'
Campos Sales	CE	07°00'	40°23'
Crateús	CE	05°10'	40°40'
Fortaleza	CE	03°45'	38°33'
Guaramiranga	CE	04°17'	39°00'
Iguatu	CE	06°22'	39°18'
Morada Nova	CE	05°07'	38°22'
Quixeramobim	CE	05°10'	39°17'

Continuação...

Sobral	CE	03°44'	40°20'
Tauá	CE	06°00'	40°25'
Barra do Corda	MA	05°30'	45°14'
Carolina	MA	07°20'	47°28'
Caxias	MA	04°52'	43°21'
Grajaú	MA	05°49'	46°28'
Imperatriz	MA	05°32'	47°29'
São Luís	MA	02°32'	44°13'
Zé Doca	MA	03°16'	45°39'
Campina Grande	PB	07°13'	35°53'
João Pessoa	PB	07°06'	34°52'
Monteiro	PB	07°53'	37°04'
São Gonçalo	PB	06°45'	38°13'
Arcoverde	PE	08°25'	37°05'
Cabrobó	PE	08°31'	39°20'
Floresta	PE	08°36'	38°34'
Garanhuns	PE	08°53'	36°31'
Pesqueira	PE	08°24'	36°46'
Petrolina	PE	09°22'	40°28'
Recife (Curado)	PE	08°03'	34°57'
Surubim	PE	07°50'	35°43'
Triunfo	PE	07°49'	38°07'
Bom Jesus do Piauí	PI	09°06'	44°07'
Floriano	PI	06°46'	43°01'
Picos	PI	07°02'	41°29'
Teresina	PI	05°05'	42°49'
Apodí	RN	05°37'	37°49'
Ceará Mirim	RN	05°39'	35°39'
Cruzeta	RN	06°26'	36°35'
Florânia	RN	06°07'	36°49'
Macau	RN	05°07'	36°46'
Natal	RN	05°55'	35°12'
Aracaju	SE	10°57'	37°03'
Itabaianinha	SE	11°07'	37°49'
Propriá	SE	10°12'	36°52'

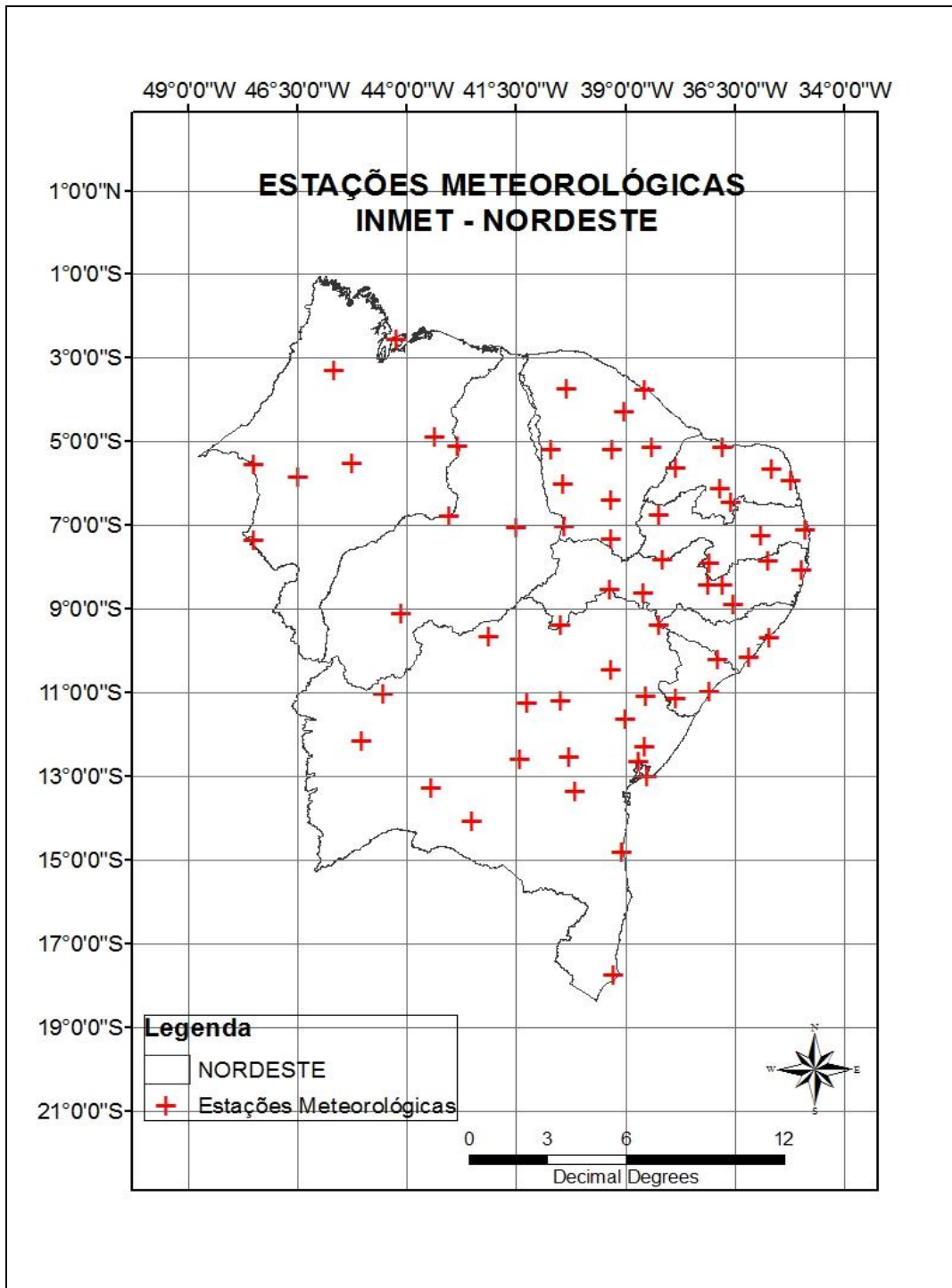


Figura 3.1- Espacialização das estações meteorológicas do INMET na região Nordeste, consideradas neste estudo.

### 3.1.2. Aptidão agroclimática para o clima corrente

A aptidão agroclimática da região Nordeste para o pinhão-mansão contemplou as exigências térmicas e hídricas dessa cultura. Para o pinhão-mansão ainda não foram bem estabelecidas tais exigências, tendo em vista que a literatura não apresenta um consenso que permita estabelecer limites bem definidos de aptidão térmica e hídrica, conforme abordado no capítulo de revisão bibliográfica.

Dessa forma, optou-se por se fazer um levantamento de produtividade no território brasileiro e definir como critérios de aptidão as características térmicas e hídricas do clima de regiões com boa produtividade. O levantamento da produtividade do pinhão-mansão junto a CONAB (2012) apontou os seguintes estados produtores: Pará, Bahia, Maranhão, Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo. Entretanto, a produtividade somente foi contabilizada para os estados da Bahia e do Pará na safra de 2010, sendo iguais a 150 kg/ha e 6.500 kg/ha (Figura 3.2), respectivamente, como observado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Municípios produtores de pinhão-mansão, segundo a CONAB (2012).

<b>Região Norte</b>		
Estado	Pará	Tocantins
04 Municípios	Itupiranga	Paraíso do Tocantins
	Marabá	
	Novo repartimento	
<b>Região Nordeste</b>		
Estado	Bahia	Maranhão
18 Municípios	Alagoinhas	Bela Vista Porto Franco
	Amélia Rodrigues	Bom Jardim
	Araci	Governador Newton Belo
	Iraquara	Pindaré
	Jacobina	Santa Inez
	Jussara	Santa Luzia Do Paruá
	Morro do Chapéu	Zé Doca
	Nova Soure	
	Ourolândia Irecê	
	Rafael Jambeiro	
	Ribeira do Pombal	

Continuação...

<b>Região Centro-Oeste</b>				
Estado	Goiás		Mato Grosso	
17 Municípios	Amaralina		Alta Floresta	
	Cachoeira Dourada		Bojuí	
	Hidrolândia		Caeté	
	Itumbiara		Diamantino	
	Morrinhos		Feliz Natal	
	Panamá		Nova Mutum	
	Piracanjuba		Piraputanga	
	Porangatu			
	Sta. Helena			
	Vicentinópolis			
<b>Região Sudeste</b>				
Estado	Espirito Santo	Minas Gerais	Rio de Janeiro	São Paulo
41 Municípios	Colatina	Alto Jequitinhonha	Cachoeiras de Macacu	Bebedouro
		Barbacena	Carapebus	Guarani d'Oeste
		Canaã	Macaé	Jales
		Coimbra	Paracambi	Paranapuã
		Conceição da Barra	Porto Real	Penápolis
		Guarani	Quatis	Santa Albertina
		Ibertioga	Queimados	Santa Fé do Sul
		Jaíba	Quissamã	
		Janaúba	Resende	
		Jequeri	Rio das Flores	
		Mercês	Seropédica	
		Montes Claros	Volta Redonda	
		Mucuri		
		Olhos D'Água		
		Paracambi		
		Piranga		
		Rio Novo		
		Rio Pomba		
		Senador Firmino		
		Senhora de Oliveira		
Viçosa				

Neste trabalho foram consideradas as condições climáticas dos municípios produtores do estado do Pará, devido a sua maior produtividade, como referência para o critério de aptidão térmica e hídrica para a cultura do pinhão-manso. Como a CONAB

trabalha com números de produção, produtividade e área em nível estadual, não foi possível obter a produtividade por municípios.

Todavia, sabe-se que são três os municípios produtores no estado do Pará: Novo Repartimento, Itupiranga e Marabá. Somente Marabá possui dados climáticos para o levantamento das exigências do pinhão-manso, tendo em vista a existência de uma estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os três municípios são muito próximos, sendo a distância entre Itupiranga e Marabá de 35 km e entre Marabá e Novo Repartimento de 98,30 km. Portanto, os dados de Marabá serão considerados representativos para os três municípios em questão.

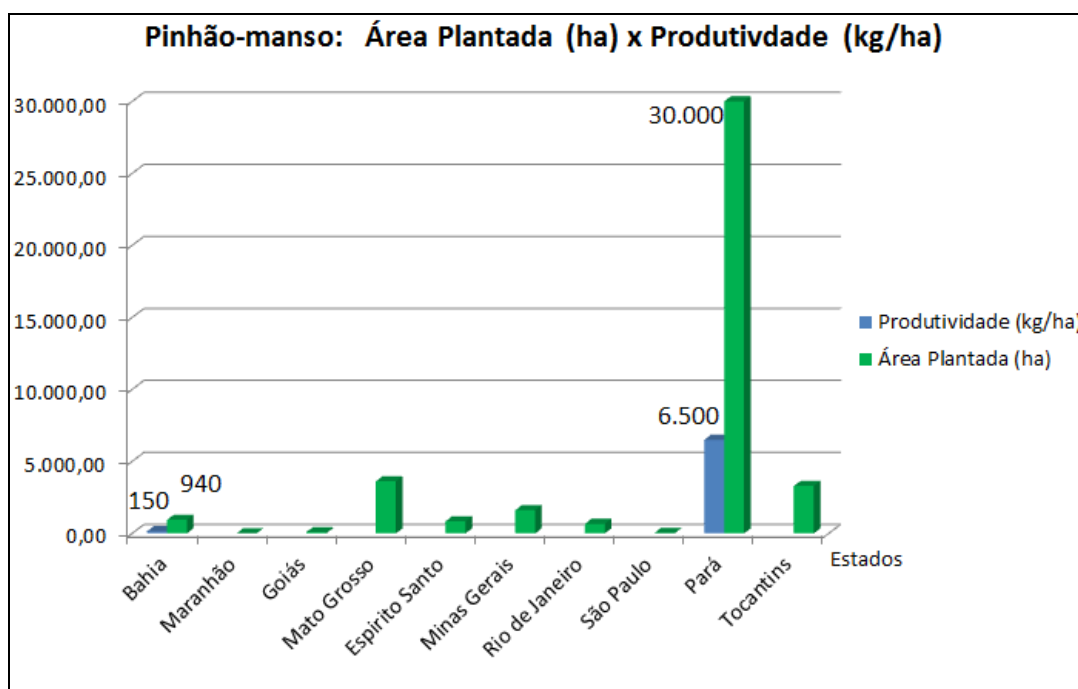


Figura 3.2 - Produtividade do pinhão-manso no território brasileiro. Fonte: Adaptado de Dipai<sup>11</sup>/Suinf<sup>12</sup>/Geasa<sup>13</sup>.

No município de Marabá, observa-se que a temperatura do ar média mensal varia entre 24,3°C (fevereiro) e 26,9°C (setembro), apresentando valor médio anual igual a 26,2°C (Tabela 3.4). Portanto, optou-se em considerar um intervalo de temperatura ótima

<sup>11</sup> Dipai: Diretoria de Preços Mínimos e Informações

<sup>12</sup> Suinf: Superintendência de Informações do Agronegócio

<sup>13</sup> Geasa: Gerência de Levantamento e Avaliação de Safra

entre 25,0°C - 27,0°C para a cultura do pinhão-manso, sendo esse intervalo definido em relação à temperatura do ar média anual do município de Marabá.

Quanto à questão hídrica, observa-se que a região apresenta estações seca e chuvosa bem definidas. O balanço hídrico climatológico de Thornthwaite & Mather (1955), apresentado por Rolim e Sentelhas (1999) na Tabela 3.4, indica o início da estação seca em maio e o fim em outubro, devido à ocorrência de deficiência hídrica. Por sua vez, a estação chuvosa vai de novembro a abril, segundo o balanço hídrico climatológico, que indica a ocorrência de excedente hídrico (Tabela 3.4). Dessa forma, optou-se por definir o critério hídrico de aptidão com base no período da estação seca em Marabá que tem duração de seis meses e um total pluviométrico de 341,0 mm.

Tabela 3.4 - Resumo do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite & Mather (1955) para o município de Marabá-PA.

Meses	Temperatura °C	Precipitação mm	Deficiência hídrica mm	Estação
Jan	25,8	294,0	0,0	Chuvosa
Fev	24,3	357,0	0,0	Chuvosa
Mar	25,8	387,0	0,0	Chuvosa
Abr	26,2	299,0	0,0	Chuvosa
Mai	26,5	89,0	-9,9	Seca
Jun	26,4	34,0	-57,7	Seca
Jul	26,3	21,0	-95,1	Seca
Ago	26,8	22,0	-114,7	Seca
Set	26,9	56,0	-83,7	Seca
Out	26,7	119,0	-24,4	Seca
Nov	26,4	153,0	0,0	Chuvosa
Dez	25,9	250,0	0,0	Chuvosa
<b>Média anual</b>	<b>26,2</b>	-	-	-
<b>Total anual</b>	-	<b>2.081,0</b>	-	-
<b>Total estação seca</b>	-	<b>341,0</b>	-	-
<b>Total estação úmida</b>	-	<b>1.740,0</b>	-	-

Fonte: Rolim e Sentelhas (1999).

Assim, as condições hídricas serão aptas se para cada grupo de seis meses, ao longo do ano, a partir de janeiro, a precipitação total desse período não for menor que 341,0 mm em uma determinada localidade. Vale ressaltar, que são doze grupos de seis meses, o primeiro indo de janeiro a junho e o último de dezembro a maio. Portanto, espera-se que

em qualquer outra localidade que tenha essas mesmas condições térmicas e hídricas, a produtividade também seja elevada.

A partir da definição das exigências climáticas da cultura do pinhão-manso, foram estabelecidos os critérios de aptidão agroclimática, apresentados na Tabela 3.5. Se as condições térmicas e hídricas de uma determinada localidade forem aptas, então, a aptidão agroclimática também será apta. Se a combinação for termicamente apta e hidricamente inapta, a aptidão agroclimática será restrita, ou seja, haverá necessidade de irrigação para que se possa implementar o cultivo. Sempre que a condição térmica for inapta, a aptidão agroclimática será inapta, tendo em vista a impossibilidade de se modificar termicamente o microclima na escala de cultivo do pinhão-manso.

Tabela 3.5 - Classes de aptidão agroclimática para a cultura do pinhão-manso.

<b>Critério</b>	<b>Aptidão térmica</b>	<b>Aptidão hídrica</b>	<b>Aptidão agroclimática</b>
I	Apta	Apta	Apta
II	Apta	Inapta	Restrita <sup>1</sup>
III	Inapta	Apta	Inapta
IV	Inapta	Inapta	Inapta

<sup>1</sup>Restrito ao uso de irrigação.

### **3.1.3. Risco climático para o clima atual**

A análise do risco climático para o cenário atual utilizou o Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA) para a cultura do pinhão-manso, definido com base na relação entre a evapotranspiração potencial ( $ET_p$ ) e evapotranspiração real ( $ET_r$ ) geradas pelo balanço hídrico climatológico de Thornthwaite & Mather (1955), com os dados de temperatura do ar média mensal e precipitação total média mensal, do período de 1973 a 1990, da estação meteorológica do INMET, localizada em Marabá. Foram considerados valores de ISNA iguais ou superiores a 0,6 como representativos de boas condições hídricas para a cultura do pinhão-manso, tendo em vista que essa condição prevaleceu em 74 % dos dias do ano em Marabá, onde há histórico de boa produtividade, conforme apresentado na Tabela 3.6.



Tabela 3.6- Avaliação do ISNA em Marabá (Pará).

Meses	ET <sub>o</sub> <sup>1</sup> (mm)	ET <sub>r</sub> <sup>1</sup> (mm)	ISNA (ET <sub>r</sub> /ET <sub>o</sub> )	Número (dias)	Porcentagem de dias (%)
Jan	125,4	125,4	1,0	30	Em 272 dias (74% do ano) o ISNA é igual ou superior a 0,6
Fev	93,7	93,7	1,0	28	
Mar	127,5	127,5	1,0	31	
Abr	128,8	128,8	1,0	30	
Mai	137,1	127,2	0,9	31	
Jun	129,7	72,1	0,6	30	
Jul	132,0	36,9	0,3	31	92 dias (26% do ano), com ISNA inferior a 0,6.
Ago	142,2	27,5	0,2	31	
Set	141,1	57,3	0,4	30	
Out	143,7	119,2	0,8	31	
Nov	135,1	135,1	1,0	30	
Dez	131,3	131,3	1,0	31	

<sup>1</sup>Fonte: Rolim e Sentelhas (1999).

Esse critério baseia-se na metodologia utilizada pelo Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos elaborado pela EMBRAPA, foi aplicado por Assad (2008), Cunha *et al.* (2001), Farias *et al.* (2001) e Sans *et al.* (2001), na metodologia do zoneamento agrícola de riscos climáticos, adotado pelo MAPA para definir calendários de plantio como condição para liberação de custeio agrícola atrelado ao seguro rural.

Metodologia esta que é validada através do programa computacional SARRA (*Systeme d'Analyse Regionale des Risques Agroclimatiques*), desenvolvido por Baron *et al.* (1996), que gera o valor de ISNA em determinada localidade, que tenha ocorrência igual ou superior a 80 %, dentro do período de anos investigado. Esse programa computacional foi utilizado neste estudo para análise de risco climático dos municípios com aptidão agrometeorológica para a cultura do pinhão-manso. As variáveis de entrada para o SARRA são listadas a seguir: clima (precipitação e evapotranspiração potencial), solo (profundidade, água disponível (AD) e reserva útil na zona radicular (RUR)) e planta (fisiologia da cultura, coeficiente de cultura (Kc), duração média do ciclo e das fases fenológicas e profundidade efetiva do sistema radicular.)

### 3.2. Zoneamento agroclimático com base nas projeções climáticas

O zoneamento agroclimático para as projeções climáticas foi elaborado com base na mesma metodologia de aptidão térmica e hídrica, ou seja, agroclimática, utilizada para o

clima corrente. Entretanto, não foi realizada a análise de risco climático devido à incerteza presente nos dados gerados pelos modelos.

Os modelos GFDL-CM3 e GFDL-ESM2M, selecionados para avaliar as projeções climáticas na região nordeste, pertencem ao CMIP5 (Modelo Acoplado de Intercomparação, 5ª Fase do Projeto). A partir destes modelos foram escolhidos dois caminhos representativos de concentrações. O RCP 4.5, por apresentar características similares ao tempo presente (concentração de CO<sub>2</sub> equivalente em 2015) e o RCP 8.5, por indicar um cenário mais crítico, representando a continuidade das ações antrópicas, ou seja, elevadas taxas de emissões de gases de efeito estufa (Tabela 3.7).

Tabela 3.7 - Variáveis utilizadas para a projeção dos caminhos representativos.

<i>Earth System Grid Federation (ESGF)</i>		
Projeto	CMIP5	CMIP5
Instituto	NOAA <sup>14</sup>	NOAA
Modelos	GFDL-CM3 e GFDL-ESM2M	GFDL-CM3 e GFDL-ESM2M
Família do Experimento	RCP	RCP
Experimento	<b>RCP 4.5</b>	<b>RCP 8.5</b>
Frequência Temporal	Mensal	Mensal
Variável	Temperatura do ar (superfície)	Temperatura do ar (superfície)
Variável	Precipitação	Precipitação
Período 30 anos	1961 – 1990 e 2041-2070	1961 – 1990 e 2041-2070

A metodologia para validar os dados de projeção de temperatura e precipitação é descrita por Muller (2003) como “*delta approach*”. Consiste na perturbação das condições correntes pela variável projetada. As equações utilizadas para temperatura e precipitação estão descritas a seguir.

A temperatura projetada foi calculada com a seguinte fórmula:

$$TpE = TcE + (TpM - TcM) \quad (3.1)$$

Em que:

TpE = Temperatura Projetada na Estação;

<sup>14</sup> NOAA: Administração Oceânica e Atmosférica Nacional <http://www.noaa.gov/>

TcE = Temperatura Corrente na Estação;  
TpM = Temperatura Projetada no Modelo;  
TcM = Temperatura Corrente no Modelo.

A precipitação projetada foi calculada com a seguinte fórmula:

$$PpE = PcE \times (PpM / PcM) \quad (3.2)$$

Em que:

PpE = Precipitação Projetada na Estação;  
PcE = Precipitação Corrente na Estação;  
PpM = Precipitação Projetada no Modelo;  
PcM = Precipitação Corrente no Modelo.

Para melhor visualizar os dados, delimitou-se um GRID de 2,5° x 2,0° para a região Nordeste (Figura 3.3).

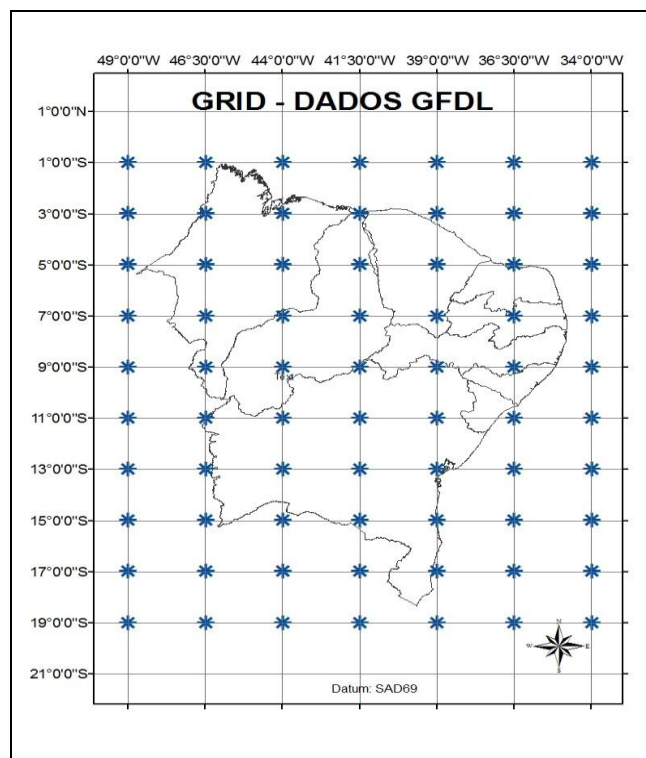


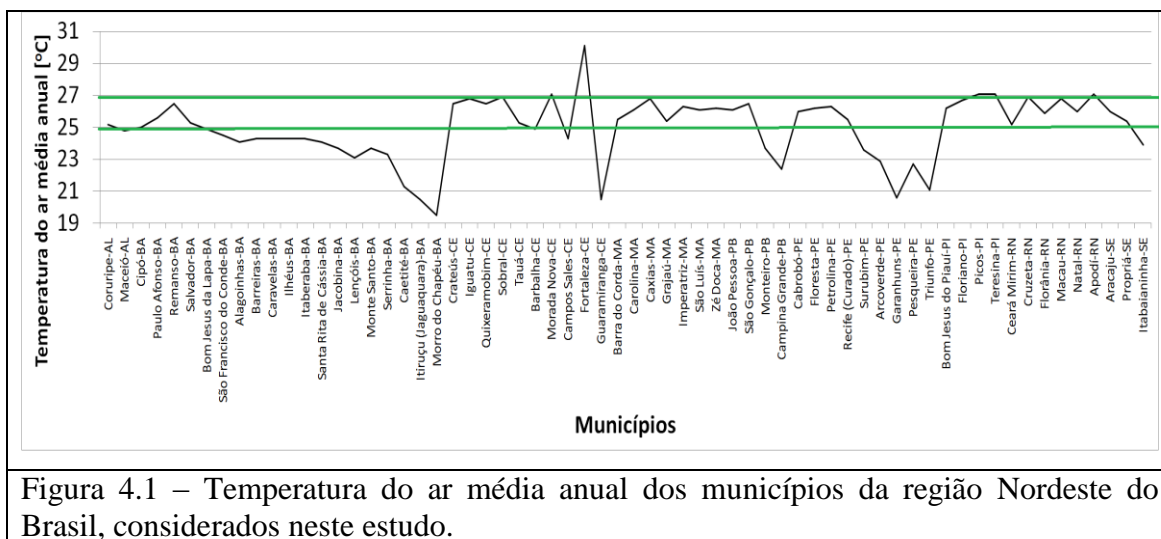
Figura 3.3 - Espacialização dos dados RCP 4.5 e RCP 8.5 na região Nordeste.

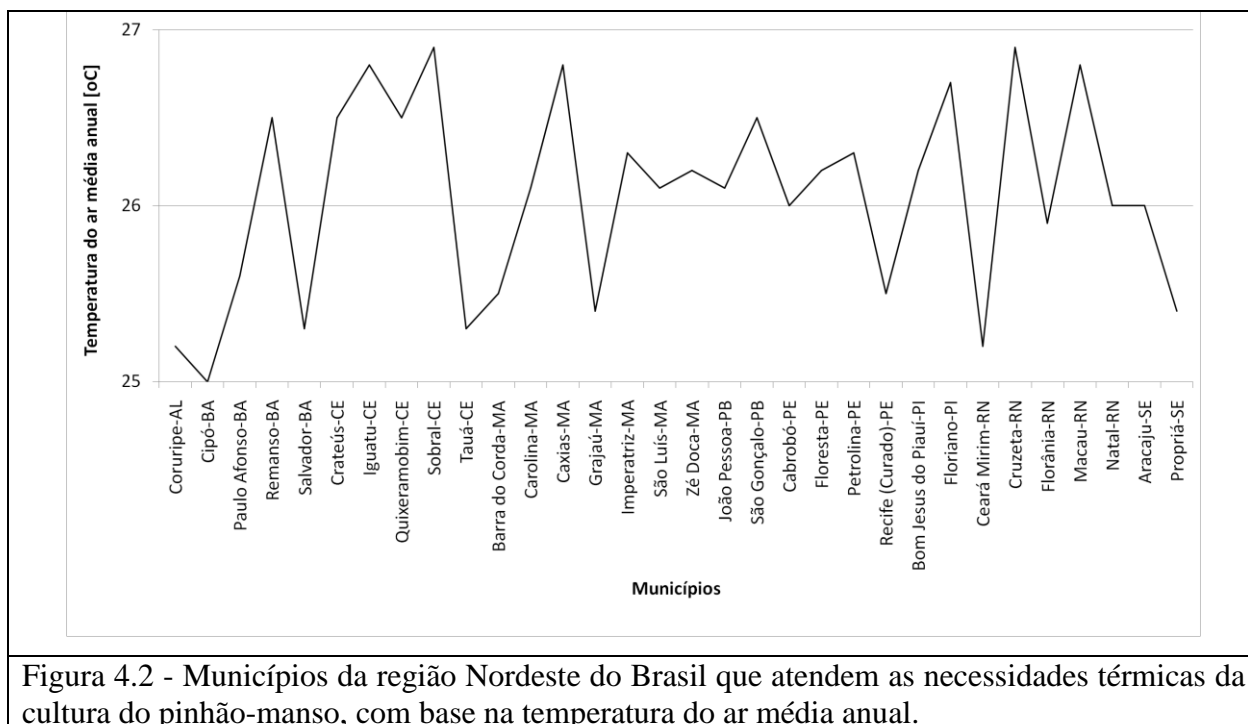
## CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados para o clima atual – período 1961 a 1990

#### 4.1.1 Aptidão agroclimática

A análise da temperatura do ar média anual dos 64 municípios da região Nordeste do Brasil, considerados neste estudo, indicou que 32 destes são termicamente aptos para a cultura do pinhão-manso, ou seja, tem temperatura do ar média anual entre 25°C e 27°C. Na Figura 4.1 tem-se o gráfico de temperatura do ar média anual dos 64 municípios mencionados, onde as linhas verdes demarcam a faixa de temperatura basal ótima para a cultura do pinhão-manso. Já na Figura 4.2 detalha-se as temperaturas médias anuais dos 32 municípios termicamente aptos.





Os 32 municípios restantes ficaram fora da faixa de aptidão térmica plena, sendo 27 por déficit e 5 por excesso de temperatura média anual. A diferença entre as temperaturas basais ótimas, inferior e superior, e a temperatura do ar média anual será daqui para frente denominada por delta. Na Figura 4.3 observa-se que 12,5 % dos municípios tem um delta entre 0,1 e 0,5 °C em relação às temperaturas basais inferior e superior da cultura do pinhão-manso. Em torno de 22% tem um delta entre 0,7 e 2,0°C, sendo 10,9 % entre 0,7 e 0,9°C e outros 10,9 % entre 1,0 e 2,0°C. Os 15,6 % dos municípios restantes tem um delta superior a 2,0°C. Esse conjunto totaliza 50 % dos municípios que tiveram sua aptidão térmica avaliada para a cultura do pinhão-manso.

Dessa forma, 50 % dos municípios estão na classe de aptidão térmica plena (temperatura do ar média anual entre 25,0 e 27,0°C). Dentre os 50 % restantes, 34,3 % estão na classe de aptidão térmica que convencionou-se chamar intermediária (todos aqueles com delta de temperatura de até 2,0°C) e 15,6 % na classe de inaptidão térmica, ou seja, com deltas de temperatura superiores a 2,0°C.

Assim, apenas 15,6 % dos municípios seriam termicamente inaptos para o cultivo do pinhão-manso, considerando-se que um delta de até 2,0°C em torno da temperatura basal ótima pudesse ser tolerado por essa cultura, ou seja, 84,4 % de municípios termicamente aptos (54 municípios) na região Nordeste do Brasil.

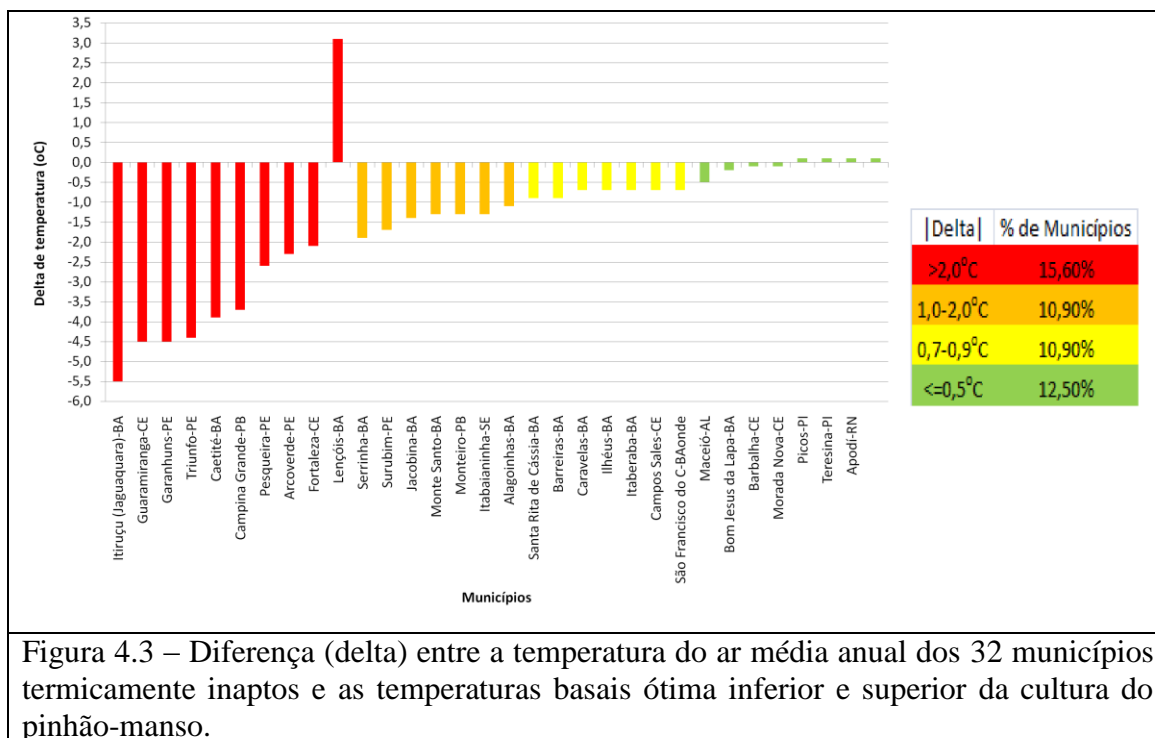


Figura 4.3 – Diferença (delta) entre a temperatura do ar média anual dos 32 municípios termicamente inaptos e as temperaturas basais ótima inferior e superior da cultura do pinhão-mansão.

A análise dos resultados por estado indica que os municípios termicamente aptos à cultura do pinhão-mansão são, conforme a Figura 4.4: 7 no Maranhão, 2 no Piauí, 5 no Ceará, 5 no Rio Grande do Norte, 2 na Paraíba, 4 em Pernambuco, 1 em Alagoas, 2 em Sergipe e 4 na Bahia. Na classe de aptidão térmica intermediária, tem-se: 2 no Piauí, 3 no Ceará, 1 no Rio Grande do Norte, 1 na Paraíba, 1 em Pernambuco, 1 em Alagoas, 1 em Sergipe e 12 na Bahia. Por fim, na classe de inaptidão térmica são: 2 no Ceará, 1 na Paraíba, 4 em Pernambuco e 3 na Bahia. Ainda pela Figura 4.4, observa-se que em grande parte da região Nordeste do Brasil haveria condições térmicas favoráveis à exploração da cultura do pinhão-mansão.

Entretanto, nos estados do Ceará, Paraíba e principalmente em Pernambuco e Bahia, deve-se ter uma maior precaução, tendo em vista a ocorrência de inaptidão térmica em alguns municípios. Adicionalmente, no estado da Bahia, faz-se necessário um maior cuidado na aplicação destes resultados devido à falta de informação na porção central deste estado.

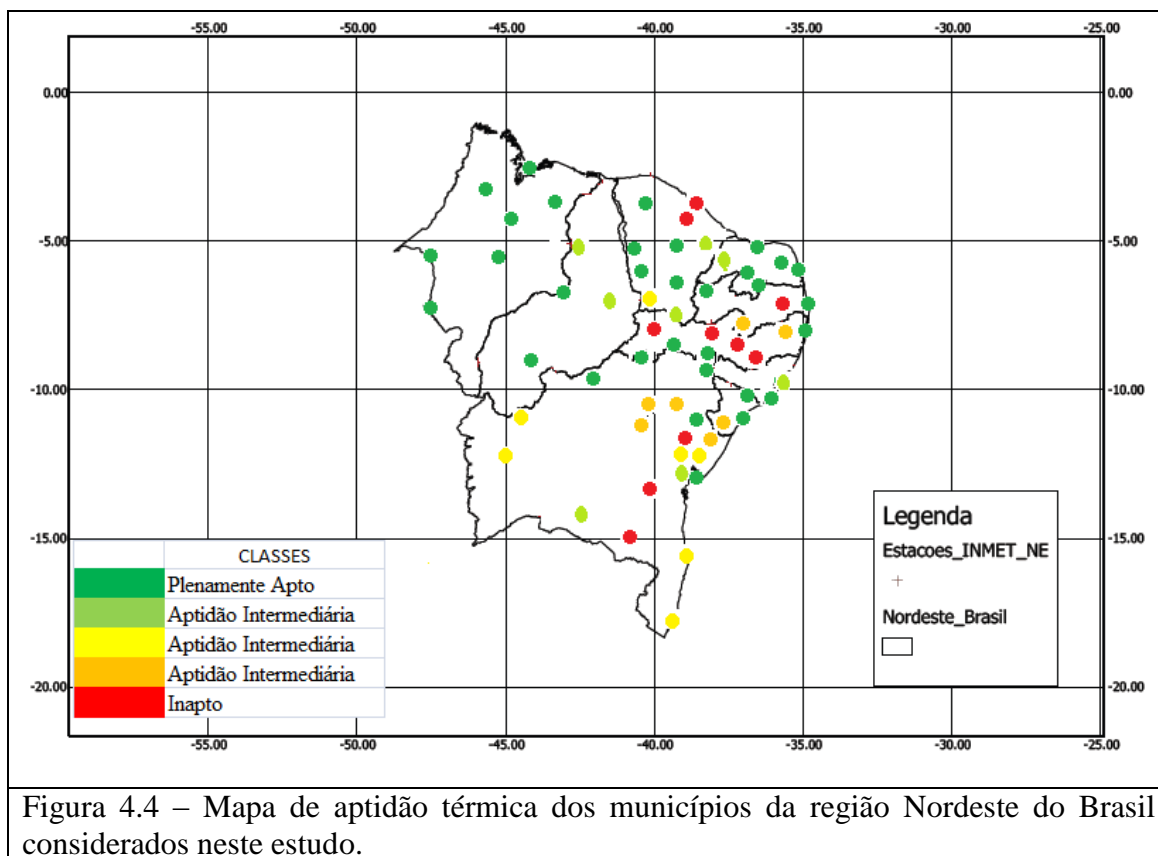


Figura 4.4 – Mapa de aptidão térmica dos municípios da região Nordeste do Brasil considerados neste estudo.

Em relação à questão hídrica, tem-se um total de 15 municípios aptos, distribuídos da seguinte forma: 6 na classe de aptidão térmica plena, 8 na classe de aptidão térmica intermediária e 1 na classe de inaptidão térmica (Figura 4.5). Esses municípios atendem as necessidades hídricas do pinhão-mansão, por não terem seis meses consecutivos com precipitação inferior a 341 mm. Os demais municípios apresentam de 1 a 7 meses hidricamente restritos para a cultura do pinhão-mansão (Figura 4.6). Isso significa que 77 % dos municípios, 49 em números absolutos, são hidricamente restritos à cultura do pinhão manso.

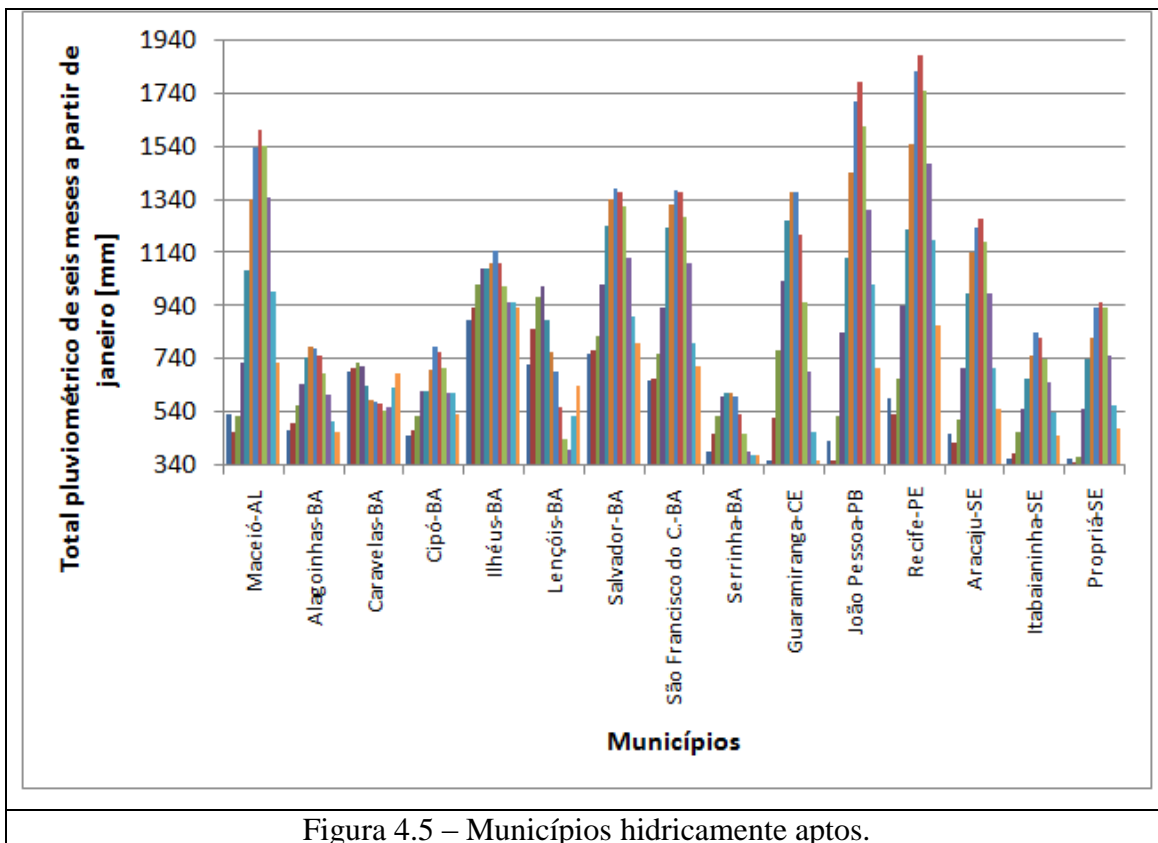


Figura 4.5 – Municípios hidricamente aptos.

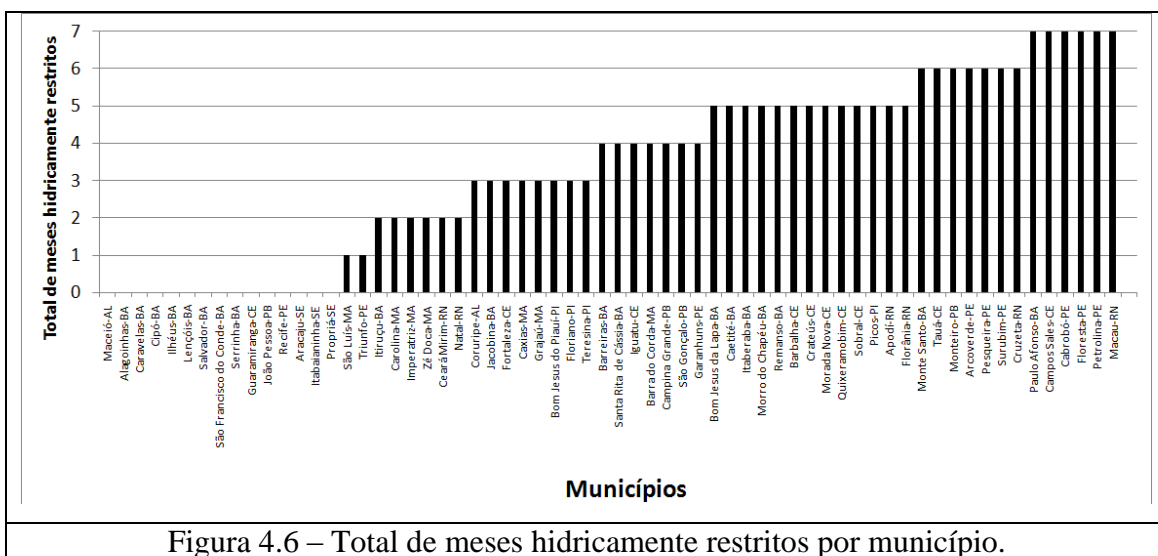


Figura 4.6 – Total de meses hidricamente restritos por município.



Combinando as análises de aptidão térmica e hídrica chega-se às seguintes classes de aptidão agrometeorológica, conforme a Figura 4.7 e a Tabela 4.1.

- 6 municípios (9,4 %) foram classificados como aptos para o cultivo do pinhão-manso, ou seja, termicamente e hidricamente aptos;
- 8 municípios (12,5 %) foram classificados como Intermediários;
- 26 municípios (40,6 %) foram classificados como Restritos ou Aptos com Irrigação para o cultivo do pinhão-manso;
- 14 municípios (21,9 %) foram classificados como Intermediários Restritos;
- 10 municípios (15,6 %) foram classificados como inaptos.

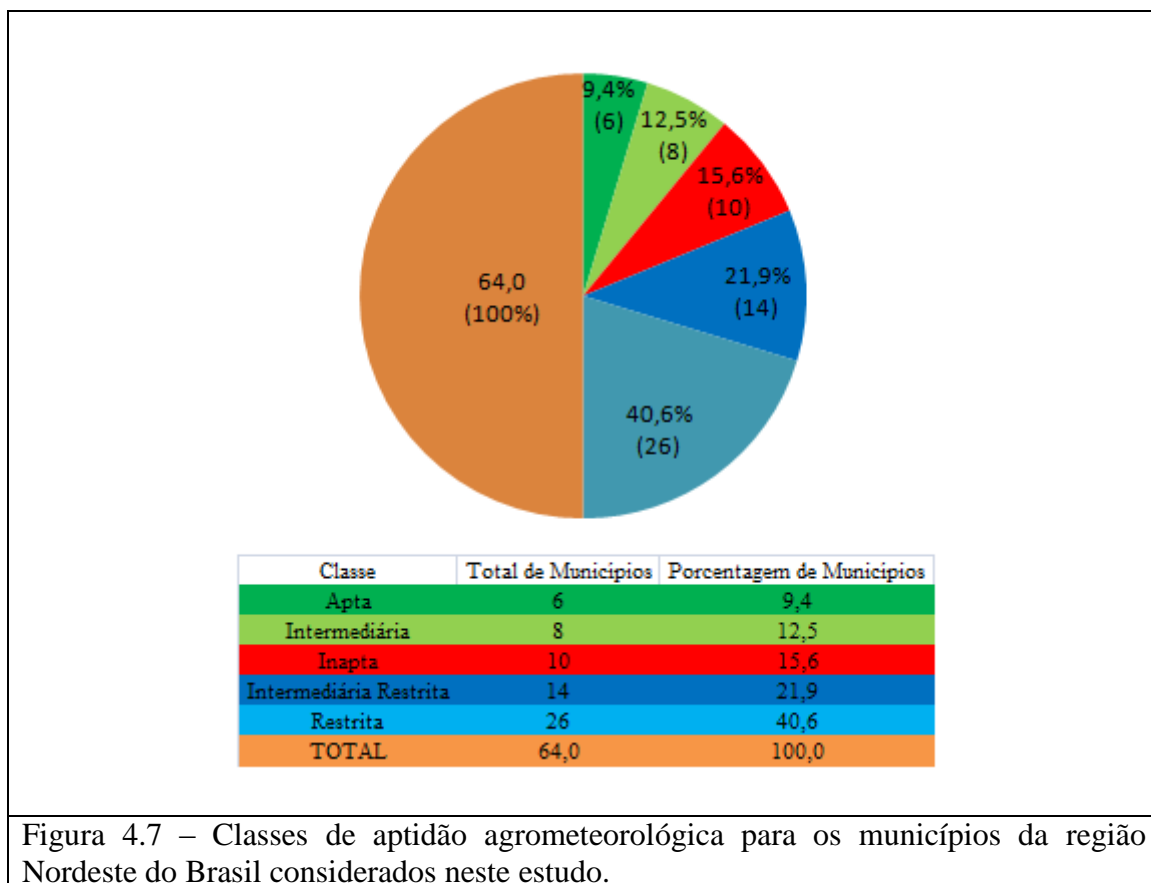


Figura 4.7 – Classes de aptidão agrometeorológica para os municípios da região Nordeste do Brasil considerados neste estudo.

Tabela 4.1 – Classes de aptidão agrometeorológica para os municípios da região Nordeste do Brasil, considerados neste estudo.

Município	UF	Aptidão térmica	Aptidão hídrica	Aptidão Agrometeorológica	Total de Municípios	Porcentagem de Municípios
Cipó-BA	BA	Apta	Apta	Apta	6	9,4
Salvador-BA	BA	Apta	Apta	Apta		
João Pessoa-PB	PB	Apta	Apta	Apta		
Recife (Curado)-PE	PE	Apta	Apta	Apta		
Aracaju-SE	SE	Apta	Apta	Apta		
Propriá-SE	SE	Apta	Apta	Apta		
Maceió-AL	AL	Intermediária	Apta	Intermediária	8	12,5
São Francisco do Conde-BA	BA	Intermediária	Apta	Intermediária		
Alagoinhas-BA	BA	Intermediária	Apta	Intermediária		
Caravelas-BA	BA	Intermediária	Apta	Intermediária		
Ilhéus-BA	BA	Intermediária	Apta	Intermediária		
Lençóis-BA	BA	Intermediária	Apta	Intermediária		
Serrinha-BA	BA	Intermediária	Apta	Intermediária		
Itabaianinha-SE	SE	Intermediária	Apta	Intermediária		
Coruripe-AL	AL	Apta	Inapta	Restrita	26	40,6
Paulo Afonso-BA	BA	Apta	Inapta	Restrita		
Remanso-BA	BA	Apta	Inapta	Restrita		
Crateús-CE	CE	Apta	Inapta	Restrita		
Iguatu-CE	CE	Apta	Inapta	Restrita		
Quixeramobim-CE	CE	Apta	Inapta	Restrita		
Sobral-CE	CE	Apta	Inapta	Restrita		
Tauá-CE	CE	Apta	Inapta	Restrita		
Barra do Corda-MA	MA	Apta	Inapta	Restrita		
Carolina-MA	MA	Apta	Inapta	Restrita		
Caxias-MA	MA	Apta	Inapta	Restrita		
Grajaú-MA	MA	Apta	Inapta	Restrita		
Imperatriz-MA	MA	Apta	Inapta	Restrita		
São Luís-MA	MA	Apta	Inapta	Restrita		
Zé Doca-MA	MA	Apta	Inapta	Restrita		
São Gonçalo-PB	PB	Apta	Inapta	Restrita		
Cabrobó-PE	PE	Apta	Inapta	Restrita		
Floresta-PE	PE	Apta	Inapta	Restrita		
Petrolina-PE	PE	Apta	Inapta	Restrita		
Bom Jesus do Piauí-PI	PI	Apta	Inapta	Restrita		
Floriano-PI	PI	Apta	Inapta	Restrita		
Ceará Mirim-RN	RN	Apta	Inapta	Restrita		
Cruzeta-RN	RN	Apta	Inapta	Restrita		
Florânia-RN	RN	Apta	Inapta	Restrita		
Macau-RN	RN	Apta	Inapta	Restrita		
Natal-RN	RN	Apta	Inapta	Restrita		
Bom Jesus da Lapa-BA	BA	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita	14	21,9
Barbalha-CE	CE	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita		
Morada Nova-CE	CE	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita		
Picos-PI	PI	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita		
Teresina-PI	PI	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita		
Apodí-RN	RN	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita		
Barreiras-BA	BA	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita		
Itaberaba-BA	BA	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita		
Santa Rita de Cássia-BA	BA	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita		
Campos Sales-CE	CE	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita		
Monteiro-PB	PB	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita		
Surubim-PE	PE	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita		

Continuação...

Jacobina-BA	BA	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita	10	15,6		
Monte Santo-BA	BA	Intermediária	Inapta	Intermediária Restrita				
Caetitê-BA	BA	Inapta	Inapta	Inapta				
Itiruçu (Jaguaquara)-BA	BA	Inapta	Inapta	Inapta				
Morro do Chapéu-BA	BA	Inapta	Inapta	Inapta				
Fortaleza-CE	CE	Inapta	Inapta	Inapta				
Guaramiranga-CE	CE	Inapta	Apta	Inapta				
Campina Grande-PB	PB	Inapta	Inapta	Inapta				
Arcoverde-PE	PE	Inapta	Inapta	Inapta				
Garanhuns-PE	PE	Inapta	Inapta	Inapta				
Pesqueira-PE	PE	Inapta	Inapta	Inapta				
Triunfo-PE	PE	Inapta	Inapta	Inapta				
				TOTAL			64,0	100,0

Pela Figura 4.8, observa-se que em grande parte da região Nordeste do Brasil haveria condições favoráveis à exploração da cultura do pinhão-mansão com o uso de irrigação, exceto em alguns municípios dos estados do Ceará, Paraíba e principalmente em Pernambuco e Bahia, tendo em vista a ocorrência de inaptidão térmica como já mencionado. Somente nos municípios da faixa litorânea, que vai do sul da Bahia ao norte da Paraíba, não se faz necessária a utilização de irrigação.

Em resumo, os pontos em verde escuro e verde claro indicam municípios favoráveis sem o uso de irrigação. Os pontos azuis são favoráveis com o uso de irrigação. Nesses pontos, as condições térmicas estão dentro da faixa de temperatura ótima para o pinhão-mansão ou muito próximas a ela. Por fim, os pontos em vermelho não são favoráveis, onde as condições térmicas diferem da temperatura ótima da cultura do pinhão-mansão. Os resultados indicam que a maior limitação ao plantio do pinhão-mansão na região Nordeste do Brasil é devido à deficiência hídrica e não ao fator térmico.

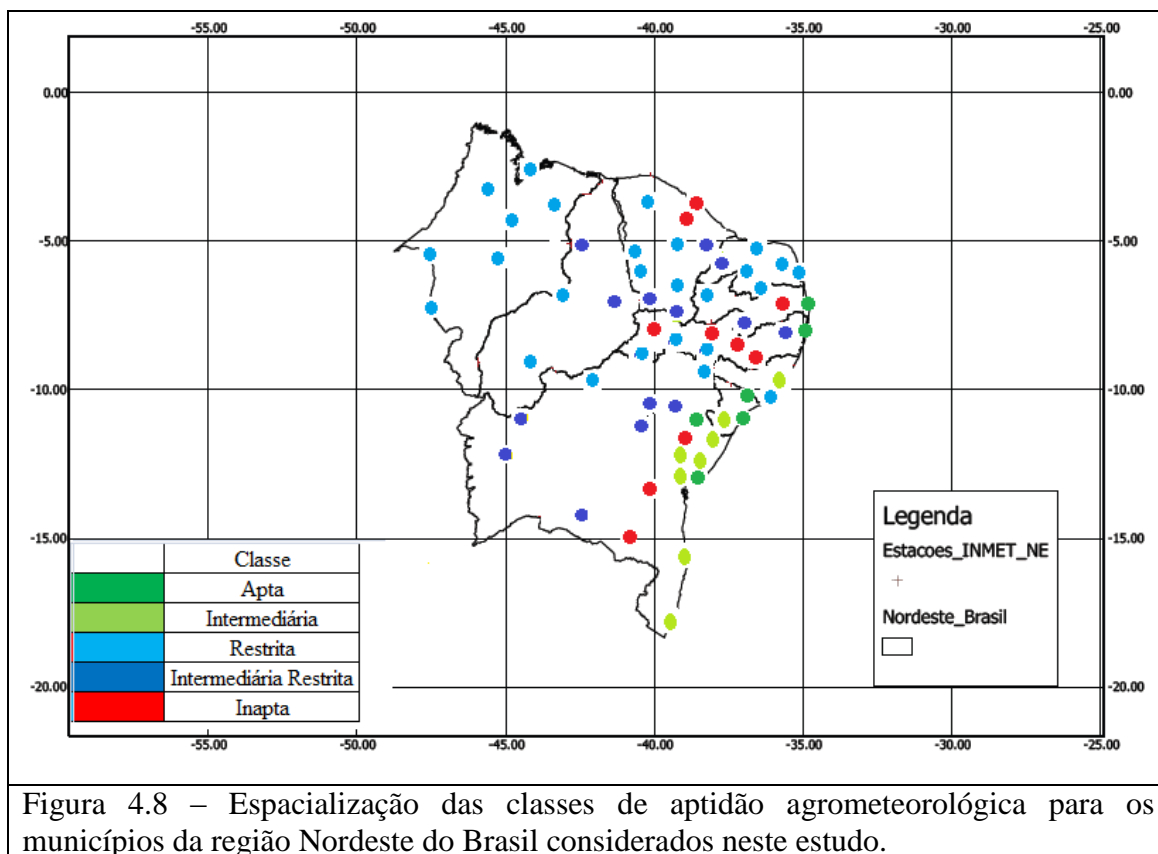


Figura 4.8 – Espacialização das classes de aptidão agrometeorológica para os municípios da região Nordeste do Brasil considerados neste estudo.

#### 4.1.2 Risco climático para o clima atual

A análise do risco climático para o clima atual foi realizada somente para os 14 municípios que apresentaram aptidão agrometeorológica Apta e Intermediária, pois não apresentaram restrições hídricas. Tendo em vista que o objetivo é analisar o cultivo do pinhão-mansão em regime de sequeiro. O município de Guaramiranga-CE foi desconsiderado pelo fato de ser termicamente inapto, embora, seja hidricamente apto.

Através do modelo agrometeorológico SARRA foram gerados os Índices de Necessidade de Satisfação Hídrica (ISNA) para cada fase fenológica da cultura do pinhão-mansão (fase I<sup>15</sup> = 20 dias, fase II<sup>16</sup> = 70 dias, fase III<sup>17</sup> = 120 dias e fase IV<sup>18</sup> = 172 dias) e três classes de Capacidade de Água Disponível (CAD), ou seja, 40, 70 e 125 mm. De

<sup>15</sup> Fase I: Estabelecimento/ Crescimento Vegetativo.

<sup>16</sup> Fase II: Floração.

<sup>17</sup> Fase III: Frutificação.

<sup>18</sup> Fase IV: Maturação/Colheita.

acordo com o critério estabelecido na metodologia, cada fase fenológica deve apresentar uma probabilidade de 80% de valor de ISNA  $\geq 0,6$ , em cada classe de CAD adotada.

Dos 14 municípios analisados, apenas Salvador e Recife apresentaram valores de ISNA (relação ETr / ETm), superiores a 0,6, sendo o mais baixo igual a 0,6 e o mais alto 0,91, conforme demonstrado nas Figuras 4.9 e 4.10 e Tabelas 4.2 e 4.3.

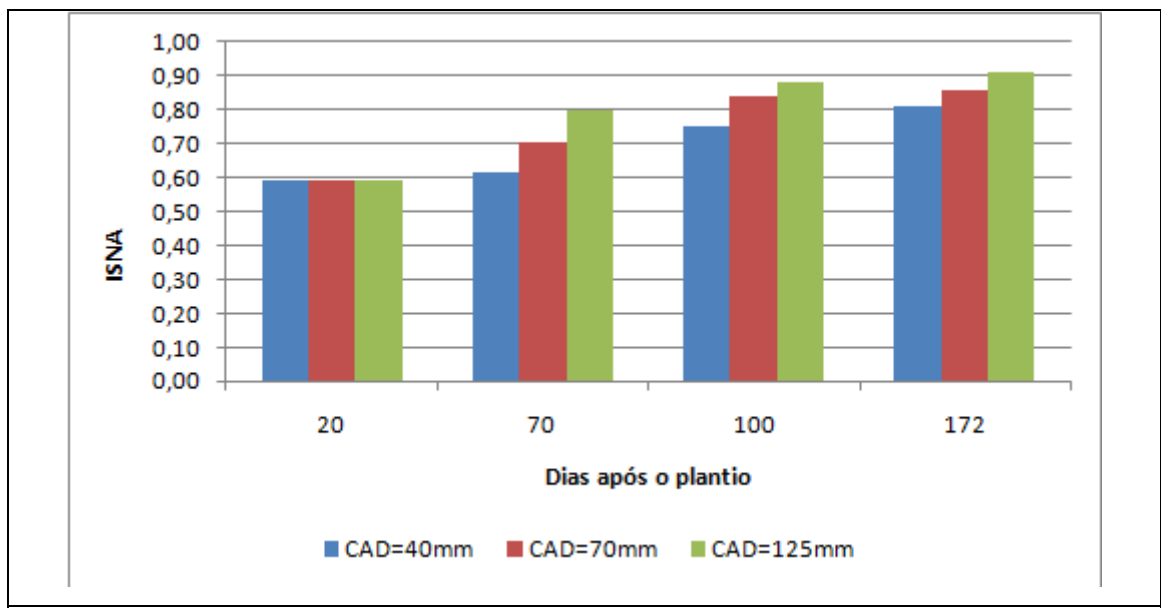


Figura 4.9 – Valores de ISNA para o município de Salvador.

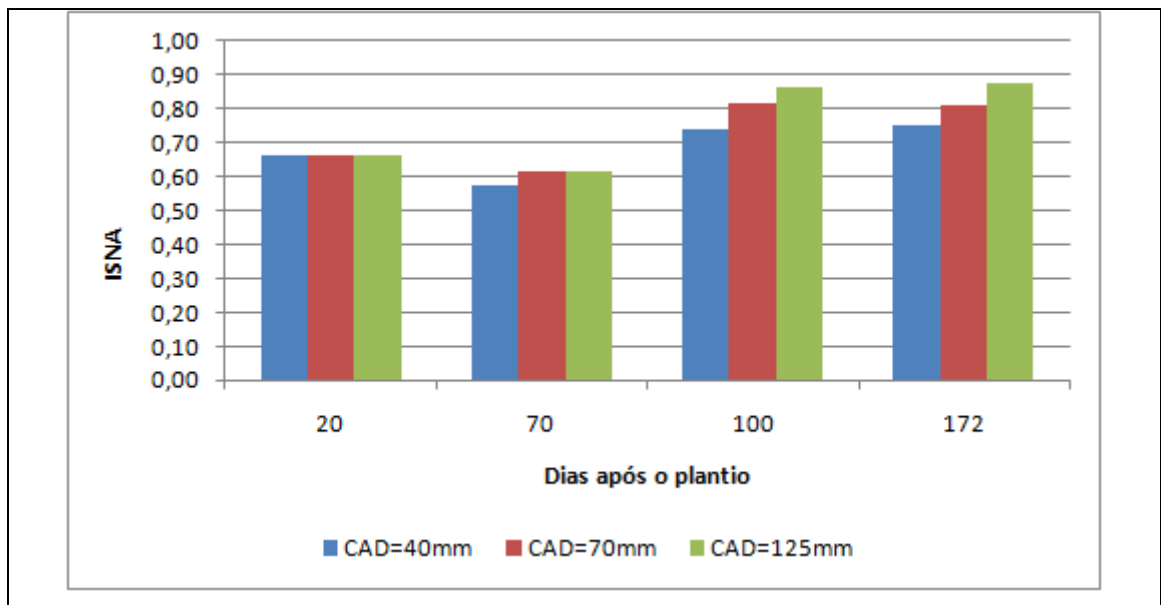


Figura 4.10 - Valores de ISNA para o município de Recife.

Tabela 4.2 - Valores de ISNA para o município de Salvador.

Município	ISNA	CAD	Fase fenológica	Nº de dias de cada fase
Salvador	0,60	40 mm	I	20
	0,61		II	70
	0,75		III	100
	0,81		IV	172
	0,60	70 mm	I	20
	0,70		II	70
	0,84		III	100
	0,86		IV	172
	0,60	125 mm	I	20
	0,80		II	70
	0,88		III	100
	0,91		IV	172

Tabela 4.3 - Valores de ISNA para o município de Recife.

Município	ISNA	CAD	Fase fenológica	Nº de dias de cada fase
Recife	0,66	40 mm	I	20
	0,57		II	70
	0,74		III	100
	0,75		IV	172
	0,66	70 mm	I	20
	0,62		II	70
	0,82		III	100
	0,81		IV	172
	0,66	125 mm	I	20
	0,62		II	70
	0,86		III	100
	0,87		IV	172

## 4.2. Resultados para o Clima Futuro (2041 a 2070)

### 4.2.1. Aptidão Térmica

A aptidão térmica futura para região Nordeste do Brasil analisada a partir dos modelos GFDL CM3 e GFDL – ESM2, de acordo com o mesmo intervalo ótimo de temperatura utilizado para clima corrente, ou seja, temperatura entre 25°C e 27°C (Tabela 4.4). A coluna “Temp. Méd. Anual (°C) (INMET)” indica a aptidão térmica para o clima corrente. As colunas seguintes estão divididas por modelos e caminhos representativos.

Utilizou-se a cor verde para indicar aptidão térmica. A cor laranja indica temperatura inferior a 25°C e em vermelho, temperatura superior a 27°C, ambas indicando restrição térmica.

Tabela 4.4 - Aptidão Térmica para 2041-2070 (CM3 e ESM2M) e Clima Corrente.

Nome da Estação	UF	Temp. Méd. Anual (°C) (INMET)	GFDL - CM3		GFDL - ESM2M	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Alagoinhas	BA	24,1	26	26,4	25,3	25,7
Itiruçu (Jaguaquara)	BA	20,5	22,4	22,8	21,7	22,1
Salvador (Ondina)	BA	25,3	27,2	27,6	26,5	26,9
São Francisco do Conde	BA	24,5	26,4	26,8	25,7	26,1
Coruripe	AL	25,2	27	27,5	26,3	26,8
Aracaju	SE	26	27,8	28,3	27,1	27,6
Propriá	SE	25,4	27,2	27,7	26,5	27
Cipó	BA	25	27,1	27,6	26,8	27
Itabaianinha	SE	23,9	26	26,5	25,7	25,9
Monte Santo	BA	23,7	25,8	26,3	25,5	25,7
Serrinha	BA	23,3	25,4	25,9	25,1	25,3
Jacobina	BA	23,7	26	26,7	25,5	25,5
Morro do Chapéu	BA	19,5	21,8	22,5	21,3	21,3
Santa Rita de Cássia (Ibipetuba)	BA	24,1	26,6	27,4	26,2	26,4
Barreiras	BA	24,3	26,7	27,6	26,6	26,6
Bom Jesus da Lapa	BA	24,9	27,3	28,2	27,2	27,2
Itaberaba	BA	24,3	26,5	27,2	26,4	26,7
Lençóis	BA	23,1	25,3	26	25,2	25,5
Caetité	BA	21,3	23,4	24	23,2	23,5
Ilhéus	BA	24,3	26	26,4	25,4	25,8
Caravelas	BA	24,3	26	26,4	25,3	25,7
Fortaleza	CE	30,1	32,2	32,6	31,6	32,1
Sobral	CE	26,9	29,2	29,7	28,6	29,1
São Luís	MA	26,1	28,5	29,1	27,5	28,1
Zé Doca	MA	26,2	28,6	29,2	27,9	28,5
Barra do Corda	MA	25,5	28,2	28,5	27,2	27,7
Grajaú	MA	25,4	28,1	28,4	27,1	27,6
Imperatriz	MA	26,3	29	29,3	28	28,5
Ceará Mirim	RN	25,2	27,3	27,8	26,6	27,2
Macau	RN	26,8	28,9	29,4	28,2	28,8

Continuação...

Natal	RN	26	28,1	28,6	27,4	28
Apodí	RN	27,1	29,3	29,8	28,6	29,1
Guaramiranga	CE	20,5	22,7	23,2	22	22,5
Morada Nova	CE	27,1	29,3	29,8	28,6	29,1
Quixeramobim	CE	26,5	28,7	29,2	28	28,5
Crateús	CE	26,5	29	29,4	28,1	28,6
Tauá	CE	25,3	27,8	28,2	26,9	27,4
Caxias	MA	26,8	29,4	29,8	28,5	28,9
Teresina	PI	27,1	29,7	30,1	28,8	29,2
João Pessoa	PB	26,1	28	28,5	27,4	27,9
Campina Grande	PB	22,4	24,5	25	23,9	24,5
Cruzeta	RN	26,9	29	29,5	28,4	29
Florânia	RN	25,9	28	28,5	27,4	28
Surubim	PE	23,6	25,7	26,2	25,1	25,7
Barbalha	CE	24,9	27,1	27,6	26,6	27
Iguatu	CE	26,8	29	29,5	28,5	28,9
São Gonçalo	PB	26,5	28,7	29,2	28,2	28,6
Triunfo	PE	21,1	23,3	23,8	22,8	23,2
Campos Sales	CE	24,3	26,7	27,2	26,1	26,3
Picos	PI	27,1	29,5	30	28,9	29,1
Floriano	PI	26,7	29,3	29,7	28,5	28,8
Carolina	MA	26,1	28,9	29,3	28	28,4
Maceió	AL	24,8	26,8	27,2	26,2	26,7
Recife (Curado)	PE	25,5	27,4	27,8	26,7	27,2
Arcoverde	PE	22,9	24,9	25,3	24,3	24,8
Garanhuns	PE	20,6	22,6	23	22	22,5
Monteiro	PB	23,7	25,7	26,1	25,1	25,6
Pesqueira	PE	22,7	24,7	25,1	24,1	24,6
Cabrobó	PE	26	28,2	28,7	27,8	27,9
Floresta	PE	26,2	28,4	28,9	28	28,1
Paulo Afonso	BA	25,6	27,8	28,3	27,4	27,5
Petrolina	PE	26,3	28,6	29,3	28,2	28,3
Remanso	BA	26,5	28,8	29,5	28,4	28,5
Bom Jesus do Piauí	PI	26,2	28,8	29,5	28,3	28,4



Onde:

Temperatura Média do ar < 25° C	INAPTO
25° C < Temperatura Média do ar < 27°C	APTO
Temperatura Média do ar > 27°C	INAPTO

Observou-se que para o clima corrente, 32 municípios são considerados aptos termicamente ao plantio do pinhão-manso. No estado de Alagoas, o município de Coruripe é indicado apto ao plantio, enquanto que o município de Maceió é considerado inapto. No estado da Bahia, dos 19 (dezenove) municípios analisados, apenas 04 (quatro) foram considerados aptos. No estado do Ceará, 05 (cinco) dos 10 (dez) municípios avaliados, foram considerados aptos. No estado do Maranhão, 100 % dos municípios avaliados, ao todo 07 (sete), são considerados aptos. Nos estados da Paraíba e do Piauí, 04 (quatro) municípios foram avaliados e 02 (dois) considerados aptos. No estado de Pernambuco, 04 (quatro) municípios considerados aptos no universo de 09 (nove) estudados. O estado do Rio Grande do Norte apresenta 05 (cinco) municípios aptos e 01 (um) inapto. Por fim, no estado de Sergipe, 02 (dois) municípios aptos e 01 (um) inapto.

O modelo CM3 indicou que para o caminho representativo RCP 4.5 estarão termicamente aptos 17 (dezessete) municípios, sendo 02 (dois) no estado de Alagoas, 11 (onze) na Bahia, 01 (um) no Ceará, Paraíba, Pernambuco e Sergipe. Para o caminho representativo RCP 8.5, 14 (quatorze) municípios aptos, sendo 08 (oito) no estado da Bahia, 03 (três) em Pernambuco, 02 (dois) na Paraíba e 01 (um) em Sergipe.

O modelo ESM2M indicou que para o caminho representativo RCP 4.5 estarão termicamente aptos 24 (vinte e quatro) municípios, sendo 13 (treze) municípios no estado da Bahia, 03 (três) no Ceará, 02 (dois) em Alagoas, Pernambuco e Sergipe e 01 (um) na Paraíba e no Rio Grande do Norte. Para o caminho representativo RCP 8.5, 21 (vinte e um) municípios aptos, sendo 13 (treze) no estado da Bahia, 02 (dois) nos estados de Alagoas, Ceará e Sergipe e 01 (um) no estado da Paraíba.

A análise para o período de 2041 a 2070, na região Nordeste confirmou que o caminho representativo RCP 8.5 foi mais restritivo termicamente quando comparado ao caminho RCP 4.5, conforme pode ser observado na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Quantidade de municípios termicamente aptos e inaptos (INMET versus CM3 versus ESM2M).

		Quantidade de municípios por aptidão				
		INMET	CM3		ESM2M	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
25°C <Temp.<27°C	APTO	32	17	14	24	21
Temp. <25°C	INAPTO	27	9	6	9	9
Temp. > 27°C	INAPTO	5	38	44	31	34

#### 4.2.2 Aptidão Hídrica

A aptidão hídrica futura para região Nordeste foi analisada a partir dos modelos GFDL CM3 e GFDL – ESM2, com o mesmo critério utilizado para o clima corrente, ou seja, precipitação (mm) acumulada em 06 (seis) meses consecutivos igual ou superiores a 341 mm (trezentos e quarenta e um). A cor verde indica que em todos os meses do ano o município está apto hidricamente ao plantio do pinhão manso. No entanto, se houver pelo menos 01 (um) mês com precipitação acumulada inferior a 341 mm, este mês é indicado como inapto e recebe a cor vermelha na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Aptidão Hídrica para 2041-2070 (CM3 e ESM2M) e Clima Corrente.

Nome da Estação	UF	Prec. Acc. Seis meses (INMET)	GFDL - CM3		GFDL - ESM2M	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Alagoinhas	BA	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO
Itiruçu (Jaguaquara)	BA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Salvador (Ondina)	BA	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO
São Francisco do Conde	BA	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO
Coruripe	AL	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Aracaju	SE	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO
Propriá	SE	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	APTO
Cipó	BA	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO
Itabaianinha	SE	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Monte Santo	BA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Serrinha	BA	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Jacobina	BA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Morro do Chapéu	BA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Santa Rita de Cássia (Ibipetuba)	BA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Barreiras	BA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Bom Jesus da Lapa	BA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Itaberaba	BA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Lençóis	BA	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO

Continuação...

Caetité	BA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Ilhéus	BA	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO
Caravelas	BA	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO
Fortaleza	CE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Sobral	CE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
São Luís	MA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Zé Doca	MA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Barra do Corda	MA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Grajaú	MA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Imperatriz	MA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Ceará Mirim	RN	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Macau	RN	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Natal	RN	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Apodí	RN	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Guaramiranga	CE	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	APTO
Morada Nova	CE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Quixeramobim	CE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Crateús	CE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Tauá	CE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Caxias	MA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Teresina	PI	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
João Pessoa	PB	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO
Campina Grande	PB	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Cruzeta	RN	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Florânia	RN	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Surubim	PE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Barbalha	CE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Iguatu	CE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
São Gonçalo	PB	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Triunfo	PE	INAPTO	APTO	INAPTO	INAPTO	APTO
Campos Sales	CE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Picos	PI	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Floriano	PI	INAPTO	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Carolina	MA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Maceió	AL	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO
Recife (Curado)	PE	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO
Arcoverde	PE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Garanhuns	PE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Monteiro	PB	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Pesqueira	PE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Cabrobó	PE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Floresta	PE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO

Continuação...

Paulo Afonso	BA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Petrolina	PE	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Remanso	BA	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Bom Jesus do Piauí	PI	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO

Observou-se que para o clima corrente, do universo de 64 (sessenta e quatro) municípios, 15 (quinze) municípios são considerados aptos hidricamente ao plantio do pinhão-manso, sendo 08 (oito) no estado da Bahia, 03 (três) em Sergipe, 01 (um) em Alagoas, 01 (um) no Ceará, 01 (um) na Paraíba e 01 (um) em Pernambuco.

O modelo CM3 indicou que para o caminho representativo RCP 4.5 12 (doze) municípios estarão hidricamente aptos, sendo 06 (seis) no estado da Bahia, 02 (dois) em Pernambuco, 01 (um) em Alagoas, Paraíba, Piauí e Sergipe. Para o caminho representativo RCP 8.5, 10 (dez) municípios seriam aptos, sendo 06 (seis) no estado da Bahia, 01 (um) em Alagoas, 01 (um) na Paraíba, 01 (um) em Pernambuco e 01 (um) em Sergipe (Tabela 4.7).

O modelo ESM2M indicou que para o caminho representativo RCP 4.5 estarão hidricamente aptos 08 (oito) municípios, sendo 04 (quatro) no estado da Bahia, 01 (um) em Alagoas, 01 (um) na Paraíba, 01 (um) em Pernambuco e 01 (um) em Sergipe. Para o caminho representativo RCP 8.5 estarão aptos 13 (treze) municípios, sendo 09 (nove) no estado da Bahia, 03 (três) em Sergipe e 01 (um) em Alagoas (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 - Quantidade de municípios hidricamente aptos e inaptos (INMET versus CM3 versus ESM2M).

	Quantidade de municípios por aptidão				
	INMET	CM3		ESM2M	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
<b>APTO</b>	15	12	10	8	13
<b>INAPTO</b>	49	52	54	56	51

#### 4.2.3. Aptidão Agroclimática Projetada para o Clima Futuro (2041 a 2070)

A aptidão agroclimática para o clima futuro (2041 a 2070) foi obtida a partir do cruzamento dos resultados da aptidão térmica com a aptidão hídrica. Os municípios foram

considerados completamente aptos quando, simultaneamente, apresentaram aptidão térmica e hídrica. Foram considerados aptos com restrição quando possuíram aptidão térmica, porém não foram aptos hidricamente. Por fim, considerados inaptos quando não possuíram aptidão térmica. A Tabela 4.8 apresenta a aptidão agroclimática projetada por município e modelo na Região Nordeste.

Como resultado da aptidão agroclimática, observa-se que o modelo CM3 projeta para 2041-2070, no caminho representativo RCP 4.5, aptidão para 10 (dez) municípios, sendo 03 (três) no estado da Bahia (Alagoinhas, Caetité e Cipó), 02 (dois) em Pernambuco (Arcoverde e Cabrobó), 01 (um) no Ceará (Crateús), 01 (um) no Rio Grande do Norte (Cruzeta), 01 (um) no Maranhão (São Luís), 01 (um) no Piauí (Bom Jesus do Piauí) e 01 (um) na Paraíba (Campina Grande).

Para o caminho representativo RCP 8.5 a aptidão é reduzida para 04 (quatro) municípios, sendo 01 (um) na Bahia (Alagoinhas), 01 (um) em Pernambuco (Arcoverde), 01 (um) no Ceará (Cabrobó) e 01 (um) no Rio Grande do Norte (Cruzeta).

O modelo ESM2M projeta para 2041-2070 aptidão agroclimática para 06 (seis) municípios no caminho representativo RCP 4.5, sendo 03 (três) no estado da Bahia (Alagoinhas, Salvador e Santa Rita de Cássia), 01 (um) no Ceará (Crateús), 01 (um) em Pernambuco (Arcoverde) e 01 (um) em Sergipe (Aracaju).

Para o caminho representativo RCP 8.5 a aptidão aumentou para 08 (oito) municípios, sendo 04 (quatro) no estado da Bahia, 01 (um) no Ceará (Crateús), 01 (um) no Rio Grande do Norte (Cruzeta), 01 (um) em Pernambuco (Arcoverde) e 01 (um) em Sergipe (Aracaju).

Tabela 4.8 - Aptidão Agroclimática para 2041-2070 (CM3 versus ESM2M).

Nome da Estação	UF	CM3_4.5	CM3_8.5	ESM2M_4.5	ESM2M_8.5
Alagoinhas	BA	Apto	Apto	Apto	Apto
Apodí	RN	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Aracaju	SE	Inapto	Inapto	Apto	Apto
Arcoverde	PE	Apto	Apto	Apto	Apto
Barbalha	CE	Apto_restrição	Inapto	Apto_restrição	Apto_restrição
Barra do Corda	MA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Barreiras	BA	Inapto	Inapto	Apto_restrição	Apto
Bom Jesus da Lapa	BA	Inapto	Inapto	Apto_restrição	Apto
Bom Jesus do Piauí	PI	Apto	Apto_restrição	Apto_restrição	Apto_restrição
Cabrobó	PE	Apto	Apto_restrição	Apto_restrição	Apto_restrição
Caetité	BA	Apto	Apto_restrição	Apto_restrição	Apto_restrição

Continuação...

Campina Grande	PB	Apto	Apto_restrição	Apto_restrição	Apto_restrição
Campos Sales	CE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Caravelas	BA	Apto_restrição	Inapto	Apto_restrição	Apto_restrição
Carolina	MA	Apto_restrição	Inapto	Apto_restrição	Apto_restrição
Caxias	MA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Ceará Mirim	RN	Apto_restrição	Inapto	Apto_restrição	Apto_restrição
Cipó	BA	Apto	Apto_restrição	Apto_restrição	Apto_restrição
Coruripe	AL	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Crateús	CE	Apto	Apto	Apto	Apto
Cruzeta	RN	Apto	Apto	Apto_restrição	Apto
Florânia	RN	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Floresta	PE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Florianópolis	PI	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Fortaleza	CE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Garanhuns	PE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Grajaú	MA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Guaramiranga	CE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Iguatu	CE	Inapto	Inapto	Apto_restrição	Inapto
Ilhéus	BA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Imperatriz	MA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Itabaianinha	SE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Itaberaba	BA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Itiruçu (Jaguaquara)	BA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Jacobina	BA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
João Pessoa	PB	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Lençóis	BA	Inapto	Inapto	Apto_restrição	Inapto
Macau	RN	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Maceió	AL	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Monte Santo	BA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Monteiro	PB	Inapto	Apto_restrição	Inapto	Inapto
Morada Nova	CE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Morro do Chapéu	BA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Natal	RN	Apto_restrição	Apto_restrição	Apto_restrição	Apto_restrição
Paulo Afonso	BA	Inapto	Inapto	Apto_restrição	Apto_restrição
Pesqueira	PE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Petrolina	PE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Picos	PI	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Propriá	SE	Apto_restrição	Inapto	Apto_restrição	Apto_restrição
Quixeramobim	CE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Recife (Curado)	PE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Remanso	BA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Salvador (Ondina)	BA	Apto_restrição	Inapto	Apto	Apto

Continuação...

Santa Rita de Cássia (Ibipetuba)	BA	Inapto	Inapto	Apto	Inapto
São Francisco do Conde	BA	Inapto	Apto_restrição	Inapto	Inapto
São Gonçalo	PB	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
São Luís	MA	Apto	Apto_restrição	Apto_restrição	Apto_restrição
Serrinha	BA	Inapto	Apto_restrição	Inapto	Inapto
Sobral	CE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Surubim	PE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Tauá	CE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Teresina	PI	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Triunfo	PE	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto
Zé Doca	MA	Inapto	Inapto	Inapto	Inapto

Tabela 4.9 - Quantidade de municípios aptos e inaptos (CM3 versus ESM2M).

	CM3		ESM2M	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Apto	10	4	6	8
Restrição	7	10	18	13
Inapto	47	50	40	43

## CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES

Este estudo analisou a aptidão agroclimática e o risco climático da região Nordeste do Brasil para a cultura do pinhão-mansão para o clima atual (1961 a 1990) e futuro (2041 a 2070).

Em grande parte da região Nordeste do Brasil observa-se condições favoráveis à exploração da cultura do pinhão-mansão com o uso de irrigação, exceto em alguns municípios dos estados do Ceará, Paraíba e, principalmente, em Pernambuco e Bahia, tendo em vista a ocorrência de inaptidão térmica. Somente nos municípios da faixa litorânea, que vai do sul da Bahia ao norte da Paraíba, não se faz necessária a utilização de irrigação. Os resultados indicam que a maior limitação ao plantio do pinhão-mansão na região Nordeste do Brasil é devido à deficiência hídrica e não ao fator térmico. Dos municípios termicamente e hidricamente aptos, apenas Salvador e Recife não apresentaram risco climático para a cultura do pinhão-mansão.

Em comparação com o clima atual, todos os caminhos representativos analisados seriam termicamente mais restritivos ao cultivo do pinhão-mansão na região Nordeste do Brasil. Do caminho menos restritivo para o mais restritivo tem-se: RCP 4.5-ESM2M; RCP 8.5-ESM2M; RCP 4.5-CM3; RCP 8.5-CM3. Analisando cada modelo separadamente observa-se que o caminho 8.5 foi o mais restritivo em ambos os casos, diminuindo mais a aptidão térmica do que o caminho 4.5. Isso significa que no caminho 8.5 o aumento de temperatura foi superior ao do 4.5, fazendo com que uma quantidade maior de municípios passasse da aptidão para a inaptidão térmica por excesso de temperatura. Esse resultado é coerente com o esperado, tendo em vista que o caminho 8.5 considera maiores taxas de emissão de gases de efeito estufa do que o 4.5.

Da mesma forma, todos os caminhos representativos analisados seriam hidricamente mais restritivos ao cultivo do pinhão-mansão na região Nordeste do Brasil quando comparados ao clima atual. Do caminho menos restritivo para o mais restritivo, tem-se: RCP 8.5-ESM2M; RCP 4.5-CM3; RCP 8.5-CM3; RCP 4.5-ESM2M.

Em termos de aptidão agroclimática, observa-se o mesmo resultado em termos restritivos em comparação ao clima atual. Do caminho menos restritivo para o mais restritivo, tem-se: RCP 4.5-CM3; RCP 8.5-ESM2M; RCP 4.5-ESM2M; RCP 8.5-CM3.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, F.P. de; BELTRÃO, N.E.M.; ANDRADE, A.P. de; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curca* L.) como alternativo para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.789-799, 2004.

ASSAD, E.D.; CUNHA, G.R. Uma visão geral do número especial da RBA sobre Zoneamento Agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, p.377-385, 2001.

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; JUNIOR, J.Z.; ÁVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; JUNIOR, J.Z.; AGUIAR, D.A.; FONSECA, M.F. Impacto das Mudanças Climáticas no Zoneamento Agrícola. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS NA AGRICULTURA, I. Viçosa: UFV, 2006. CD-ROOM.

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO, JR. **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil**. 1. ed. Brasília: Embaixada Britânica: v.1, 2008. 84p.

BATISTA, L.R.L. **Características radiculares e fisiológicas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) propagado por semente e por estaca cultivados sob diferentes condições hídricas**. 2012. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, Alagoas, 2012.

EPE. **Balço Energético Nacional 2014: Ano base 2013**. Rio de Janeiro: EPE, 2014. 288p.

BARON, C.; PRESEZ, P.; MARAUX, F. **Systeme d'Analyse Regionale des Risques Agroclimatiques - Bilan Hidrique Applique au Zonage (SARRAZON)**. Montpellier: CIRAD-CA, 1996. 26p.

CAMPOS, J.N.B. **Vulnerabilidades do Semi-Árido às Secas, sob o ponto de vista dos Recursos Hídricos**. Projeto Áridas RH, Seplan/PR, Brasília, 1995. 11p.

CÂNDIDO, L.A; MANZI, A.O; TOTA, J; SILVA, P.R.T; SILVA, F.S.M; SANTOS, R.M.N; CORREIA, F.W.S.O. Clima Atual e Futuro Da Amazônia nos Cenários do Ipcc: A Questão a Savanização. **Ciência e Cultura**, v.59, n.3, 2007.

CONFALONIERI, U.E.C & MARINHO, D.P. Mudança Climática Global e Saúde: Perspectivas para o Brasil. **Revista Multiciência**, v.8, 2007.

CARVALHO, B.C.L.; OLIVEIRA, E.A.S.; LEITE, V.M.; DOURADO, V.V. **Informações técnicas para o cultivo do pinhão-manso no Estado da Bahia**. Salvador: EBDA, 2009. 79p.

CHAVES, L.H.G.; CUNHA, T.H.C.S.; BARROS JÚNIOR, G.; LACERDA, R.D. de; DANTAS JÚNIOR, E.E. Zinco e cobre em pinhão-manso. 1. Crescimento inicial da cultura. **Revista Caatinga**, v.22, p.94-99, 2009.

CLARKE, L.; EDMONDS, J.; JACOBY, H.; PITCHER, H.; REILLY, J.; RICHEL, R. Scenarios of Greenhouse Gas Emissions and Atmospheric Concentrations. **U.S. Government Printing Office**. Washington: CCSP, 2007. 154p.

CUNHA, G.R. DA; HAAS, J.C.; MALUF, J.R.T.; CARAMORI, P.H.; ASSAD, E.D.; BRAGA, H.J.; JR., J.Z.; LAZZAROTTO, C.; GONÇALVES, S.; WREGE, M.; BRUNETTA, D.; DOTTO, S.R.; PINTO, H.S.; BRUNINI, O.; THOMÉ, V.M.R.; ZAMPIERI, S.L.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M.B.M.; PANDOLFO, C. Zoneamento agrícola e época de semeadura para o trigo no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, p.400-414, 2001.

DECONTO, J.G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Brasília: Embrapa; Campinas: Unicamp, 2008. 82 p. Disponível em< <http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/aquecimentoglobal.pdf>> Acesso em: 18/07/2013.

DIVAKARA, B.N.; UPADHYAYA, H.D.; WANI, S.P.; LAXMIPATHI GOWDA, C.L. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: A review. **Applied Energy**, v.87, p.732-742, 2010.

DUKE, J.A.; ATCHLEY, A.A. **Proximate analysis: The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, Inc., 1983. 32p.

DRUMMOND, O.A.; PURCINO, A.A.C.; CUNHA, L.H.S.; VELOSO, J.M. **Cultura do pinhão-manso**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1984. 99p.

DRUMOND, M.A.; SANTOS, C.A.F.; OLIVEIRA, V.R.; MARTINS, J.C.; ANJOS, J.B.; EVANGELISTA, M.R.V. Desempenho agrônomico de genótipos de pinhão-manso no semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, v.40, p.44-47, 2010.

FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R. DE; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, p.415-421, 2001.

FLATO, G.M. Earth system models: an overview. **WIREs Climate Chang**, v.2, p.783–800, 2011.

FOIDL, N.; FOIDL, G.; SANCHEZ, M.; MITTELBAACH, M.; HACKEL, S. *Jatropha curcas* L. as a source for production of biofuel in Nicaragua. **Bioresource Technology**, n.58, p.77-82, 1996.

FRANCIS, G.; EDINGER, R.; BECKER, K. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. **Natural Resources Forum**, v.29, p.12-24, 2005.

FRIGO SATO, M.; BUENO, O.C.; ESPERANCINI, M.S.T.; FRIGO, E.P.; KLAR, A.E.; Análise energética do primeiro ano de cultivo do pinhão-mansão em sistema irrigado por gotejamento; **Irriga**, v.13, n. 2, p.261-271, 2008.

FURTADO, M.T. Modelo adiabático da atmosfera terrestre compatível com o aquecimento global e o efeito estufa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.34, n.3, 2012.

HELLER, J. **Physic nut. *Jatropha curcas* L.: promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. 1 ed. Roma: IPGRI, 1996. 66 p.

HIJIOKA, Y.; MATSUOKA, Y.; NISHIMOTO, H.; MASUI, M.; KAINUMA, M. Global GHG emissions scenarios under GHG concentration stabilization targets. **Journal of Global Environmental Engineering**, v.13, p.97-108, 2008.

INCRA/FAO. **Novo Retrato Da Agricultura Familiar. O Brasil Redescoberto**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2000. 74p.

IBGE, 2010. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 261p.

LAVIOLA B.G. & DIAS L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1969-1975, 2008.

LEITE, C.V. **Irrigação e adubação nitrogenada do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) na região Leste de Minas Gerais**. 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2011.

MARENGO, J.A. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade**. Brasília: MMA, 2006. 212p.

MARENGO J.A.; VALVERDE, M.C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência Campinas**, v.8, p.5-28, 2007.

MARTINS, E.R.F.; CRUZ, N.D. Pesquisas em desenvolvimento com pinhão-paraguaio no Instituto Agrônômico. **O Agrônômico**, v.37, n.2, p.109-113, 1985.

MELO, J.C.; STRAGEVITCH, L.; PACHECO FILHO, J.G.A.; BRANDER JR., W.; CAMPOS, R.J.A.; SCHULER, A.R.P. Avaliação Preliminar do Potencial do Pinhão-manso para a Produção de Biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, I. Brasília: Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2006. v.2. p.198-203.

MOSS, R.H.; EDMONDS, J.A.; HIBBARD, K.A.; MANNING, M.R.; ROSE, S.K.; VAN VUUREN, D.P.; CARTER, T.R.; EMORI, S.; KAINUMA, M.; KRAM, T.; MEEHL, G.A.; MITCHELL, J.F.B.; NAKICENOVIC, N.; RIAHI, K.; SMITH, S.J.; STOUFFER, R.J.; THOMSON, A.M.; WEYANT, J.P.; WILBANKS, T.J.. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. **Nature**, v.463, n.11, p.747-756, 2010.

MUEHE, D. Brazilian coastal vulnerability to climate change. **Pan American Journal of Aquatic Science**, v.5, n.2, p.173-183, 2010.

NICOLODI, J.L.; PETERMANN, R.M. Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.10, n.2, p.151-177, 2010.

NÚÑEZ-COLÍN, C.A.; GOYTIA-JIMÉNEZ, M.A. Distribution and agroclimatic characterization of potential cultivation regions of physic nut in Mexico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.9, p.1078-1085, 2009.

PBMC. **Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro: PBMC, 2013. 24 p.

PEIXOTO, A.R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 284 p.

RIAHI, K.; GRUEBLER, A.; NAKICENOVIC, N. Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization. **Technological Forecasting and Social Change**, v.74, n.7, p.887-935, 2007.

ROSSETTI, L.A. **Projeto de zoneamento agroclimático e pedoclimático do Brasil**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, CER/PROAGRO/GM, 1997. 10p.

ROSSETTI, L.A. Securidade e zoneamento agrícola no Brasil: novos rumos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SEGURIDADE E ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO MERCOSUL, 1. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1998. 9p.

SANS, L.M.A.; ASSAD, E.D.; GUIMARÃES, D.P.; AVELLAR, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho na região Centro-Oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, p.527-535, 2001.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, v.26, n.229, p.44-78, 2005.

SCHIAVO, J.A.; SILVA, C.A.; ROSSET, J.S.; SECRETTI, M.L.; SOUSA, R.A.C.; CAPPI, N. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão-mansô. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, p.322-329, 2010.

SEVERINO, L. S. **Viagem á Índia para Prospecção de Tecnologias sobre Mamona e Pinhão-Mansô**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 56p.

SPINELLI, V.M. **Desempenho produtivo e estimativas de parâmetros genéticos com a seleção entre e dentro de famílias de meias irmãs de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2012, 64 f. Dissertação (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2012.

SWOT. **Summary of current knowledge: an industry and market study of plant products from five trees in Southern Africa – jatropha or physic nut**. Washington, 2002. 15 p.

TEIXEIRA, J.P.F. Teor e composição do óleo de sementes de *Jatropha* spp. **Bragantia**, v.46, n.1, p.151-157, 1987.

TEIXEIRA, M.S. **Atividade de ondas sinópticas relacionadas a episódios de chuvas intensas na região Sul do Brasil**. 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), São José dos Campos, São Paulo, 2004.

VAN VUUREN, D.; ELZEN, M. Den; LUCAS, P.; EICKHOUT, B.; STRENGERS, B.; VAN RUIJVEN, B.; WONINK, S.; VAN HOUT, R. Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: an assessment of reduction strategies and costs. **Climatic Change**, v.81, n.2, p.119-159, 2007.

YAMADA, E.S. **Zoneamento agroclimático da *Jatropha curcas* L. como subsídio ao desenvolvimento da cultura no Brasil, visando à produção de biodiesel**. 2011. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, 2011.

WATT, J.M.; BREYER-BRANDWIJK, M.G. **The medicinal and poisonous plants of southern and eastern Africa**. 2º ed. Edinburgh and London: Livingstone, 1962. 733p.

WISE, M.A.; CALVIN, K.V.; THOMSON, A.M.; CLARKE, L.E.; BOND-LAMBERTY, B.; SANDS, R.D.; SMITH, S.J.; JANETOS, A.C.; EDMONDS, J.A. 2009. Implications of Limiting CO<sub>2</sub> Concentrations for Land Use and Energy. **Science**. n.324, p.1183-1186, 2009.