

**Universidade Federal Rural de Pernambuco
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

**Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso
(*Jathopra curcas* L.) no Estado de Pernambuco**

José Marcelo Cordeiro Possas

**Recife – PE
2011**

José Marcelo Cordeiro Possas
Engenheiro Agrícola & Ambiental

Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso
(*Jathopra curcas* L.) no Estado de Pernambuco

Orientador: Marcus Metri Corrêa

Co-orientador: Geber Barbosa de Albuquerque Moura

Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo Integrado de Água e Solo.

Recife – PE
2011

Ficha catalográfica

P856z Possas, José Marcelo Cordeiro
Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-
manso (*Jathopa curcas* L.) no Estado de Pernambuco / José
Marcelo Cordeiro Possas. -- 2011.
76 f.: il.

Orientador: Marcus Metri Corrêa.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Tecnologia Rural, Recife, 2011.
Inclui referências e anexo.

1. Aptidão climática 2. Balanço hídrico 3. Biocombustíveis
4. Classificação climática 5. Evapotranspiração I. Corrêa,
Marcus Metri, orientador II. Título

CDD 631.51

**Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso
(*Jathopra curcas* L.) no Estado de Pernambuco**

José Marcelo Cordeiro Possas

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora:

Prof. Dr. Marcus Metri Corrêa
(Orientador)

Prof. Dr. Geber Barbosa de Albuquerque Moura
(Co-orientador)

Prof. Dr. Fabrício Marcos Oliveira Lopes

Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva

À minha mãe Maria Cecília e
à minha filha Marcella Maria.

DEDICO

O degrau de uma escada não serve simplesmente para que alguém permaneça em cima dele, destina-se a sustentar o pé de um homem pelo tempo suficiente para que ele coloque o outro um pouco mais alto.

Thomas Huxley

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir a minha presença aqui na Terra, estando presente em todos os momentos de minha vida.

À minha mãe Maria Cecília, uma verdadeira heroína, por sua fé, força e dedicação aos filhos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao prof. Dr. Marcus Metri Corrêa, por ter confiado em mim desde a época da graduação, sendo mais que um orientador, um verdadeiro amigo.

Ao prof. Dr. Geber Barbosa de Albuquerque Moura, por sua paciência, amizade, conhecimentos transmitidos e orientação na busca da bibliografia.

Ao meu irmão André, à minha irmã Cristiane e ao meu sobrinho Clewerson por todo apoio, carinho e convivência.

A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em especial ao prof. Dr. Ênio Farias, pela amizade, conselhos, confiança e compreensão.

Ao prof. Anildo Caldas e ao mestrando Robertson pela amizade e auxílio na utilização do programa SURFER para elaboração das cartas climáticas.

Aos meus colegas da Pós-Graduação Caetano, Patrícia, Francimar, Liliane, Irenilson, Uilka, Cleoma, Irenilson, Gledson, Adriana Guedes, “Zezito”, Carmem, Sonivagno, Marcela, Samuel, Waldirene, Júlio, Celestino, Thaís Fernanda, Valdemir Jr. e Lúcio, pelo convívio, amizade, momentos de estudo e descontração.

Ao meu cunhado Luiz Gonzaga e ao Paulo, seu irmão, pela amizade e apoio nos momentos de “turbulência”.

À minha filha Marcella Maria por seu amor e confiança.

Enfim, a todos aqueles que acreditaram em mim e/ou contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE TABELAS.....	14
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	15
LISTA DE SÍMBOLOS.....	17
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1 O biodiesel.....	20
2.2 O pinhão-manso (<i>Jathopras curcas</i> L.).....	22
2.2.1 Centro de origem e distribuição geográfica.....	22
2.2.2 Descrição botânica.....	23
2.2.3 Aspectos climáticos para a cultura.....	25
2.2.4 Importância socioeconômica e ambiental do pinhão-manso.....	26
2.3 O zoneamento agrícola.....	28
2.3.1 Zoneamento agroclimático.....	29
2.3.1.1 Aptidão climática.....	30
2.4 O Balanço Hídrico.....	32
2.4.1 Balanço Hídrico Climatológico.....	32
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 Condições climáticas de Pernambuco.....	35
3.2 Dados climáticos.....	36
3.3 Estimativa da temperatura do ar.....	37
3.4 Estimativa da evapotranspiração.....	38
3.5 Cálculo do balanço hídrico climático.....	40
3.6 Classificação climática.....	40
3.7 Exigências térmicas e hídricas da cultura.....	41
3.8 Elaboração dos mapas climáticos.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 Os mapas climáticos.....	43
4.2 Extratos dos balanços hídricos.....	49

4.3 Tipos climáticos de Pernambuco.....	56
4.4 Viabilidade climática para o pinhão-manso em Pernambuco.....	57
5. CONCLUSÕES.....	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
7. ANEXOS.....	69
Anexo A – O pinhão-manso.....	70
Anexo B – Valores (em horas e décimos) do fotoperíodo representativo de cada mês para latitudes entre 5° Norte e 35° Sul.....	72
Anexo C – Longitude, latitude, altitude, precipitação anual média, temperatura do ar anual média, evapotranspiração potencial anual média, evapotranspiração real anual média e tipos climáticos dos 146 postos observados em Pernambuco.....	73

Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso (*Jathopra curcas* L.) no Estado de Pernambuco

RESUMO

No presente trabalho procurou-se realizar o zoneamento agroclimático do pinhão-manso (*Jathopra curcas* L.) em Pernambuco. Para isso, foram utilizados dados climáticos de temperatura do ar média e precipitação pluviométrica de 146 postos, sendo 73 com série histórica de dados acima de 30 anos e outros 73 com série abaixo de 30 anos, porém, maior que 20 anos de observações. A escolha do pinhão-manso foi motivada pelo potencial desta cultura como fonte de energia renovável em substituição aos combustíveis fósseis, bem como pela sua rusticidade, sendo uma nova opção para regiões de clima semi-árido, como ocorre em grande parte da região Nordeste. A escolha da região de estudo está relacionada à variabilidade climática apresentada por esse Estado e ao potencial que a referida cultura tem em se desenvolver em regiões onde há pouca chuva. Caracterizou-se também o clima do Estado através do índice de umidade (Iu) de Thornthwaite gerado a partir das variáveis do Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite e Mather (1955). Os resultados demonstraram que Pernambuco apresenta, pelo menos, sete tipos de clima, desde árido ao úmido. Quanto ao zoneamento, as localidades foram classificadas de acordo com as exigências climáticas da cultura em aptas, restrita por deficiência hídrica e inaptas. De acordo com o estudo, o Estado de Pernambuco apresentou 14,92 % de áreas aptas ao cultivo do pinhão-manso, 44,26 % de áreas restritas por deficiência hídrica e 40,82 % de áreas inaptas.

Palavras-chave: Aptidão climática, balanço hídrico, biocombustíveis, classificação climática, evapotranspiração.

Agroclimatic zoning for jatropha crop (*Jathopra curcas* L.) in Pernambuco State

ABSTRACT

In this study, we tried to make the agroclimatic zoning of jatropha (*Jathopra curcas* L.) in Pernambuco. For this, we used climate data of mean air temperature and rainfall of 146 stations, being 73 with historical data series over 30 years and other 73 with series less than 30 years, however, more than 20 years of observations. The choice of jatropha was motivated by its potential as a renewable energy source to replace fossil fuels, as well as for its hardiness, being a new option for semi-arid climate regions, as takes place in much of the Northeast region. The choice of the study area is related to climate variability shown by this state and the potential that this culture has to develop in regions where there is little rain. It was also characterized the climate type of Pernambuco State through moisture index (mi) of Thornthwaite, generated from variables of Climatic Water Balance of Thornthwaite and Mather (1955). The results showed that Pernambuco has at least seven different climate types, from arid to humid. Localities were classified according to the climatic requirements of the culture into suitable, constrained by water stress and unfit. According to this study, Pernambuco state showed 14.92% of suitable areas for cultivation of jatropha, 44.26% of constrained areas by water stress and 40.82% of unsuitable areas.

Keywords: Climate aptitude, water balance, biofuels, climate classification, evapotranspiration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Faixa de distribuição global do pinhão-mansão.....	23
Figura 2: Partes importantes do pinhão-mansão.....	25
Figura 3: Mapa de Pernambuco com as Mesorregiões.....	35
Figura 4: Distribuição dos postos pluviométricos em Pernambuco.....	37
Figura 5: Variabilidade espacial da temperatura anual média do ar no Estado de Pernambuco.....	44
Figura 6: Variabilidade espacial da precipitação pluviométrica anual média no Estado de Pernambuco.....	45
Figura 7: Variabilidade espacial da evapotranspiração potencial anual média no Estado de Pernambuco.....	46
Figura 8: Variabilidade espacial da evapotranspiração real anual média no Estado de Pernambuco.....	47
Figura 9: Variabilidade espacial da deficiência hídrica anual média, considerando-se uma CAD de 100 mm, no Estado de Pernambuco.....	48
Figura 10: Variabilidade espacial do excedente hídrico anual médio, considerando-se uma CAD de 100 mm, no Estado de Pernambuco.....	49
Figura 11: Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Rio Formoso, na Zona da Mata Meridional de Pernambuco.....	50
Figura 12: Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Aliança, na Zona da Mata Setentrional de Pernambuco.....	50
Figura 13: Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Caruaru, no Agreste de Pernambuco.....	51
Figura 14: Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Garanhuns, no Agreste de Pernambuco.....	52
Figura 15: Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Buíque, no Agreste de Pernambuco.....	52

Figura 16: Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Bodocó, no Sertão de Pernambuco.....	53
Figura 17: Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Triunfo, no Sertão de Pernambuco.....	54
Figura 18: Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Tacaratu, no Sertão do São Francisco de Pernambuco.....	55
Figura 19: Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Petrolina, no Sertão do São Francisco de Pernambuco.....	56
Figura 20: Tipos climáticos para o Estado de Pernambuco baseados no índice de umidade (Iu) gerado a partir dos parâmetros do BHC de Thornthwaite e Mather (1955).....	57
Figura 21: Temperaturas médias anuais do ar para os 146 postos analisados em Pernambuco com indicação da faixa ótima para o cultivo do pinhão-manso.....	58
Figura 22: Precipitações totais (anuais médias) para os 146 postos analisados em Pernambuco com indicação das faixas favorável, restrita e imprópria para o cultivo do pinhão-manso.....	59
Figura 23: Mapa do zoneamento agroclimático do pinhão-manso em Pernambuco.....	60
Figura 24: O pinhão-manso aos quatro meses após o plantio e aos doze anos de idade.....	70
Figura 25: Floração do pinhão-manso aos três meses de idade.....	70
Figura 26: Fases de maturação dos frutos do pinhão-manso.....	70
Figura 27: Arbusto, folha, semente e fruto do pinhão-manso.....	71
Figura 28: Sementes de pinhão-manso.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos climáticos segundo ICRISAT (1980), baseados no índice de umidade (Iu) gerado a partir das variáveis do BHC de Thornthwaite e Mather (1955).....	41
Tabela 2: Zonas de aptidão climática ao cultivo do pinhão-manso no estado de Pernambuco, com suas respectivas áreas em %.....	61

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A – Clima super-úmido ($Iu \geq 100$)

a – Função cúbica do Índice de calor anual

ALT - Altitude

ARM – Armazenamento de água no solo

B₁ – Clima úmido ($20 \leq Iu < 40$)

B₂ – Clima úmido ($40 \leq Iu < 60$)

B₃ – Clima úmido ($60 \leq Iu < 80$)

B₄ – Clima úmido ($80 \leq Iu < 100$)

BH – Balanço Hídrico

BHC – Balanço Hídrico Climatológico

C₁ – Clima sub-úmido seco ($-33,3 \leq Iu < 0$)

C₂ – Clima sub-úmido chuvoso ($0 \leq Iu < 20$)

CAD – Capacidade de Água Disponível

cm - Centrímetro

CO₂ – Gás Carbônico

D – Clima semi-árido ($-66,7 \leq Iu < -33,3$)

DEF – Deficiência hídrica

DHA – Deficiência Hídrica Anual

E – Clima árido ($-100 \leq Iu < -66,7$)

ETp – Evapotranspiração potencial

ETr – Evapotranspiração real

EXC – Excedente hídrico

f – fator de correção em função da latitude e mês do ano para estimativa da evapotranspiração potencial

ha - Hectare

I – Índice de calor anual

ICRISAT – International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics

Ih – Índice hídrico anual

Iu – Índice de umidade

kg – Quilograma

km² – Quilômetro quadrado

LAT – Latitude

LON – Longitude

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

m – Metro

mm – Milímetro

N – Fotoperíodo do dia 15 de determinado mês do ano

n – Número de dias de determinado mês do ano

P – Precipitação pluviométrica

P_{ma} – Precipitação pluviométrica anual média

PE – Pernambuco

PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel

PROAGRO – Programa de Garantia da Atividade Agropecuária

Pronaf – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

S – Sul

SUDENE – Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste

T – Temperatura do ar média mensal

T_{ma} – Temperatura do ar média anual

T_q – Temperatura média do mês mais quente

UACA – Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

W – Oeste

LISTA DE SÍMBOLOS

°C – Graus Centígrados

< – Menor que

> – Maior que

≤ – Menor ou igual a

≥ – Maior ou igual a

% – Percentual

Σ – Somatório

1. INTRODUÇÃO

Fontes renováveis de energia vêm ganhando cada vez mais espaço em âmbito internacional, onde os biocombustíveis são os que mais se destacam, pois podem substituir totalmente ou parcialmente o óleo diesel, diminuindo os impactos ambientais ocasionados pelo homem no meio ambiente. Neste conceito, a obtenção de culturas que tenham potencial para a produção de óleos, como o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), para a produção de biodiesel, assim como a obtenção de mapas onde determine zonas de aptidão climática da cultura, se torna uma importante ferramenta para que órgãos governamentais e instituições de pesquisa enfrentem os desafios dos biocombustíveis.

A agricultura é um dos segmentos mais importantes da cadeia produtiva e o que mais depende das condições ambientais. O ambiente, mais precisamente o solo e clima, são responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento das plantas. Por isso, quanto maior for o conhecimento das condições ambientais predominante em uma região, mais apto estará o homem para a seleção das culturas mais adequadas, das melhores épocas de plantio, das melhores variedades, dos sistemas de cultivo mais racionais, resultando em uma agricultura mais produtiva.

Considerada opção agrícola para áreas áridas, semi-áridas e na recuperação de áreas degradadas, o pinhão-manso pode promover a integração do acesso à produção com renda (venda do óleo das sementes para fins combustíveis), gerar suprimento de energia (o óleo pode ser utilizado em motores e máquinas para a geração de eletricidade), contribuir no desenvolvimento rural (com o emprego da mão-de-obra familiar) e conseqüentemente auxiliar na fixação do homem no campo e favorecer a segurança alimentar, pois permite o uso de culturas anuais alimentícias em consórcio, além de melhorias ambientais, como a formação de um microclima que contribui para o desenvolvimento de outras culturas nas entrelinhas, entre outros.

O pinhão-manso é uma espécie oleaginosa com crescente interesse no mercado produtivo mundial de óleos, biodiesel, bioquerosene, resíduos detoxificados, e na farmacologia de ésteres de forbol e curcina. Trata-se de uma espécie ainda não domesticada, apresentando grandes desafios para a ciência e tecnologia agrônômica e industrial (DURÃES *et al.*, 2009). Um dos primeiros passos

a serem delimitados diante a domesticação de uma espécie, é a determinação do nível de aptidão agrícola para a região específica, o que exige um levantamento, organização e análise de dados climáticos peculiares às suas necessidades (SEDIYAMA *et al.*, 2001). A realização do zoneamento agrícola de uma região visa obter maiores informações sobre a adaptabilidade das culturas selecionadas e, sobretudo, proporcionar maior retorno dos investimentos a médio e longo prazos para os produtores, contribuindo desta forma para uma agricultura racional e sustentável (NUNES *et al.*, 2007).

Vale salientar que o pinhão-manso já possui inscrição efetivada no Registro Nacional de Cultivares (Instrução Normativa nº 4, de 14 de janeiro de 2008), mas ainda são necessárias pesquisas para o estudo de sua viabilidade comercial.

Diante do exposto, a presente pesquisa teve por objetivo principal identificar áreas de aptidão climática para a cultura do pinhão-manso no estado de Pernambuco através do zoneamento agroclimático, de modo a subsidiar a instalação de empreendimentos visando a produção de biodiesel. Como objetivo específico procurou-se caracterizar o clima de Pernambuco através da geração de mapas de temperatura do ar e precipitação médias anuais, evapotranspiração potencial e real anuais, déficit e excedente hídricos anuais e de classificação climática.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O biodiesel

Os combustíveis fósseis são a fonte de energia mais utilizada pela sociedade para sua locomoção. No entanto, sua combustão libera uma grande quantidade de CO₂, o qual contribui para o aquecimento global. Assim, a utilização de fontes renováveis de energia, principalmente aquelas que possam ser utilizadas pelos veículos, torna-se uma importante ferramenta a fim de amenizar impactos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis (SANTOS *et al.*, 2007).

A demanda mundial por combustíveis renováveis tem se expandido rapidamente, graças a fatores como: estratégias para a redução de emissão de gases causadores do efeito estufa, conforme demandado pelo Protocolo de Kyoto; redução da dependência de derivados de petróleo na matriz energética nacional e incentivo à agricultura e às indústrias locais, principalmente nos países que são grandes consumidores de combustíveis (MIRAGAYA, 2005).

Os biocombustíveis assumem hoje um papel importante na economia mundial devido à diminuição das reservas de petróleo e a crescente crise ambiental decorrente da emissão de gases do efeito estufa (TRZECIAK *et al.*, 2008). As condições climáticas favoráveis e a disponibilidade de solos propensos ao cultivo de oleaginosas fazem com que o Brasil se destaque pelo seu potencial de produção de biocombustíveis (NAPOLEÃO, 2005).

O Brasil, um dos principais produtores de etanol do mundo, tem sua produção de biodiesel incentivada por meio do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) e traz a clara intenção de incluir a agricultura familiar como fornecedora de matéria-prima através do Selo Combustível Social. Os resultados do Programa, lançado em 2005, apontam o predomínio da soja como principal matéria-prima, o que para Abramovay e Magalhães (2007) atrela o biodiesel à competição com o mercado de alimentos, com um padrão de produção em grandes extensões de terra, dificultando a participação da produção familiar. Ao mesmo tempo, conforme Dias (2007), a saída para essa assimetria estaria na busca por matérias-primas adequadas às características da produção familiar de regiões mais carentes

e que não participam de cadeias de produção voltadas para alimentação humana e animal.

O biodiesel foi inserido na matriz energética brasileira com a publicação da Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que estabeleceu a obrigatoriedade da adição de um percentual mínimo de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor em todo o território nacional. Inicialmente, o percentual era de 2% para após oito anos, chegar a 5%. Porém, em 2009 novas resoluções autorizaram a utilização da mistura de 5% de biodiesel adicionado ao diesel de petróleo a partir de janeiro de 2010.

O biodiesel, segundo a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, é um “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” (BRASIL, 2005).

A transesterificação é o processo mais utilizado atualmente na produção de biodiesel. Consiste numa reação química dos óleos vegetais ou gorduras animais com o álcool comum (etanol ou metanol), estimulada por um catalisador, da qual também se extrai a glicerina, produto com aplicações diversas na indústria química (BRASIL, 2005).

Comparado ao óleo diesel derivado de petróleo, o biodiesel pode reduzir em 78% as emissões de gás carbônico, considerando-se a reabsorção pelas plantas. Além disso, reduz em 90% as emissões de fumaça e praticamente elimina as emissões de óxido de enxofre. É importante frisar que o biodiesel pode ser usado em motores de ciclo diesel, puro ou em misturas com óleo diesel em diferentes proporções, exigindo pouca ou nenhuma alteração do motor (HOLANDA, 2004).

Dentre as alternativas de espécies utilizadas na produção de biocombustíveis, o pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) vem se estabelecendo como uma ótima opção agrícola, visto que o óleo produzido no esmagamento de seus grãos é semelhante ao óleo extraído do petróleo (PURCINO & DUMMOND, 1986). Esta oleaginosa tem baixa exigência quanto aos tratos culturais, baixo custo de produção, rusticidade, resistência à seca, além de ser adaptável a uma gama de ambientes (BELTRÃO *et al.*, 2003). É uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel (PURCINO & DRUMMOND, 1986). Portanto, apresenta-se como uma alternativa de relevante importância econômica e social,

podendo ser explorada em pequenas propriedades com a utilização da força de trabalho familiar, gerando renda aos pequenos produtores.

A grande procura por matérias-primas para a produção de biodiesel provocou um aumento significativo no total de área cultivada com o pinhão-manso, porém, sem nenhum controle e acompanhamento técnico. Esse fator foi decisivo para que o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) determinasse a proibição do plantio e da comercialização de sementes dessa planta, pois não havia uma cultivar registrada no Registro Nacional de Cultivares. O cultivo era permitido somente por empresas voltadas para a pesquisa, entretanto, sem permissão para a comercialização das sementes. Esta proibição de cultivo e comercialização terminou em janeiro de 2008, com a Instrução Normativa nº 4, de 14 de janeiro de 2008, quando houve a regulamentação pelo MAPA que perdura até os dias de hoje (BRASIL, 2008).

Durães e Laviola (2009) destacam que o pinhão-manso se tornou uma matéria prima atrativa para produção de biodiesel por apresentar um elevado potencial de rendimento de grãos e óleo. Além disso, é uma espécie não alimentar e possui características compatíveis com o perfil da agricultura familiar.

Na Índia, já estão sendo testados, sob várias condições climáticas, automóveis com biocombustível de pinhão-manso. Os testes vêm mostrando que há somente uma mínima diferença em consumo de 1,7% a favor do combustível fóssil, além das emissões de hidrocarbonetos e partículas materiais serem 80% menores para o biocombustível e ainda a emissão de dióxido de enxofre ser considerada praticamente nula (SAHOO *et al.*, 2009).

2.2 O pinhão-manso (*Jathopras curcas* L.)

2.2.1 Centro de origem e distribuição geográfica

A origem do pinhão-manso é bastante controversa. Existem pesquisadores que o consideram nativo do Brasil. Peixoto (1973) julga que este seja oriundo da América do Sul, e que foi introduzido nas ilhas do arquipélago de Cabo Verde em 1783, de onde mais tarde foi disseminado no continente africano. Heller (1996) salienta que a planta é provavelmente originária da América Central. Openshaw (2000) relata que a planta é nativa da América Tropical e que atualmente é

encontrada nas Américas, África e parte da Ásia. De fato esta planta se adapta a condições edafoclimáticas muito variáveis, o que está relacionado provavelmente a sua rusticidade e resistência a longas estiagens, bem como a pragas e doenças (PEIXOTO, 1973). Na Figura 1 pode-se observar a faixa indicativa com as condições favoráveis ao cultivo do pinhão-manso.

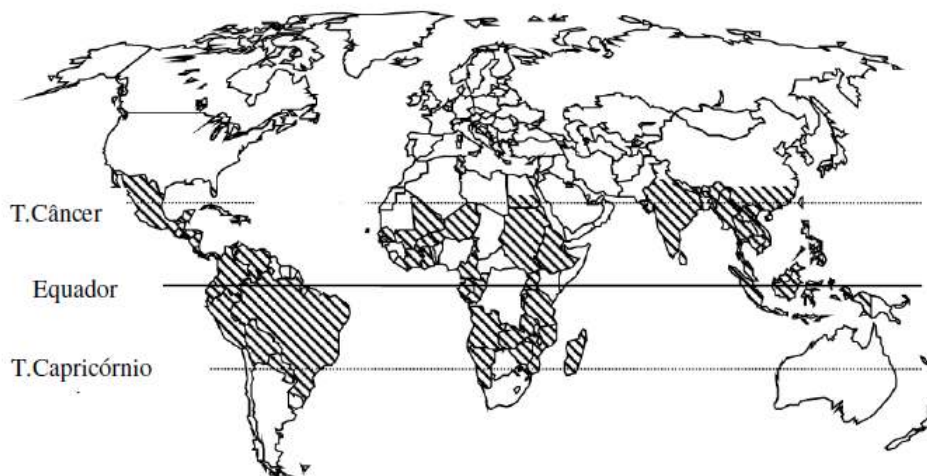


Figura 1 – Faixa de distribuição global do pinhão-manso.
Adaptado de Heller (1996).

2.2.2 Descrição botânica

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), também conhecido como pinhão do Paraguai, purgueira, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, medicineira, pinhão-do-inferno, pinhão bravo, dentre outros, é uma espécie perene, monóica, da família Euphorbiaceae (DRUMOND *et al.*, 2008). Esta família botânica também inclui a mamona (*Ricinus communis* L.), mandioca (*Manihot esculentae*) e seringueira (*Hevea brasiliensis*) (SATURNINO *et al.*, 2005).

É arbusto de crescimento rápido, caducifólio, cuja altura é de 2 a 3 metros, mas pode alcançar até 5 metros. O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho pouco resistente e medula desenvolvida; floema com longos canais que se estendem até as raízes, onde circula o látex, bastante caústico. O tronco ou fuste é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas

na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (HELLER, 1996; ARRUDA *et al.*, 2004; SATURNINO *et al.*, 2005; DIAS *et al.*, 2007).

As folhas do pinhão-mansão são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma, com três a cinco lóbulos, pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Floração monóica, apresentando na mesma planta, mas com sexo separado; flores masculinas, em maior número, nas extremidades das ramificações e as femininas na base delas (HELLER, 1996; ARRUDA *et al.*, 2004; SATURNINO *et al.*, 2005; DIAS *et al.*, 2007). Cada inflorescência do pinhão-mansão se transforma em um cacho com dez ou mais frutos e quando esses frutos atingem a maturidade fisiológica, já podem ser colhidos. De acordo com Marcos Filho (2005), a maturação é um processo constituído por uma série de alterações morfológicas, físicas, fisiológicas e bioquímicas, que ocorrem a partir da fecundação do óvulo e prosseguem até o momento em que as sementes se desligam fisiologicamente da planta. Segundo Tominaga *et al.* (2007), o amadurecimento das sementes ocorre de dois a quatro meses após a polinização, quando os frutos se tornam amarelos ou secos.

O fruto é capsular ovóide, com diâmetro de 1,5 a 3,0 cm. É trilocular, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente, ou seja, que não se abre quando maduro, via de regra com uma semente por cavidade. A maturação não é uniforme, observam-se, em um mesmo cacho, frutos verdes, amarelos quando maduros, castanhos e por fim pretos. Em função desta desuniformidade da maturação dos frutos, a colheita é realizada em duas ou três etapas (repasses), normalmente de forma manual ou semi-mecanizada. No geral, 53 a 62% do peso do fruto é representado pelas sementes e 38 a 47% pela casca. O peso dos frutos varia de 1,5 a 3,0 gramas (HELLER, 1996; ARRUDA *et al.*, 2004; SATURNINO *et al.*, 2005; DIAS *et al.*, 2007).

A semente é relativamente grande. Quando seca mede entre 1,5 e 2,0 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura e seu peso varia de 0,5 a 0,8 gramas. Em sua constituição apresenta, de fora para dentro, tegumento rijo e película branca cobrindo a amêndoa. A amêndoa contém o albúmen ou endosperma que é abundante, branco, oleaginoso (cerca de 38% de óleo) e o embrião, constituído de eixo embrionário e de dois largos cotilédones achatados e foliáceos (HELLER, 1996; ARRUDA *et al.*, 2004; SATURNINO *et al.*, 2005; DIAS *et al.*, 2007).

Na Figura 2 é apresentado o desenho botânico da espécie e suas respectivas descrições.

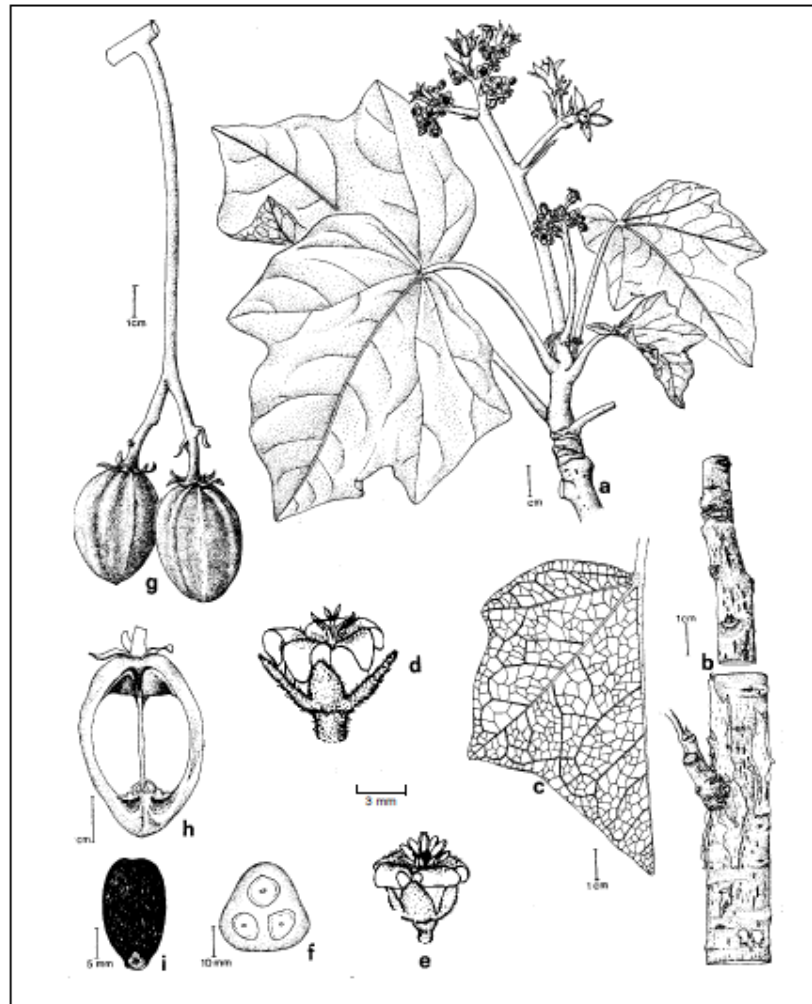


Figura 2 - Partes importantes do pinhão-manso: **a** - ramo florido, **b** - galho, **c** - folha, lado esquerdo, **d** - pistilo da flor, **e** - estame da flor, **f** - corte transversal no fruto imaturo, **g** - frutos, **h** - corte longitudinal dos frutos, **i** - semente. (Fonte: Heller, 1996).

2.2.3 Aspectos climáticos para a cultura

O pinhão-manso desenvolve-se bem tanto nas regiões tropicais secas como nas zonas equatoriais úmidas, bem como nos terrenos ao nível do mar, até 1.200 m de altitude, sendo o seu cultivo mais indicado em regiões que apresentem entre 500 e 800 m de altitude (PEIXOTO, 1973).

O requerimento mínimo de chuva para a sobrevivência do pinhão-manso é de 300 mm.ano⁻¹, porém a precipitação mínima para a produção de frutos é de

600 mm.ano⁻¹, sendo que a chuva favorável é de 1.000 a 1.500 mm.ano⁻¹ (CASTRO NETO, 2008 *apud* PAULINO, 2009). Para Kheira e Atta (2008) *apud* Paulino (2009) a planta se desenvolve com apenas 200 mm.ano⁻¹ de água, porém ela responde bem em regiões com elevadas precipitações, 1.200 mm.ano⁻¹ aproximadamente, particularmente com altas temperaturas, mas também resiste a baixas temperaturas e longos períodos de seca.

Maes *et al.* (2009) mapearam a distribuição natural do pinhão-manso no México e América Central e observaram que 95% das plantas cresceram em regiões com uma precipitação média anual acima de 944 mm; os autores também discutiram que em locais com chuvas na faixa de 900 a 1.200 mm.ano⁻¹ a cultura pode chegar a dobrar a produtividade (podendo atingir cerca de 5 t de semente seca.ha⁻¹.ano⁻¹) quando comparado à áreas de menor pluviosidade.

A temperatura é outro importante elemento climatológico que controla o crescimento das plantas e também sua distribuição na Terra. Independente de quão favorável possam ser as condições de luz, o crescimento da planta para quando a temperatura cai abaixo de certo valor mínimo ou excede certo valor máximo (OMETTO, 1981). Uma vez que a temperatura requerida por uma certa espécie seja conhecida, a escolha de uma área favorável pode ser feita, já que médias de períodos longos de variação anual e diurna de temperatura são frequentemente disponíveis em todas as partes do mundo (MOTA, 1983). Para Maes *et al.* (2009), o pinhão-manso se desenvolve bem em condições climáticas que ofereçam altas temperaturas com médias entre 19,3 e 27,2 °C. Esta faixa de temperatura vem a corroborar com a faixa de temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura citado por Saturnino *et al.* (2005): 18,0 a 28,5 °C. A temperatura mínima para o desenvolvimento da cultura gira em torno dos 10,5 °C, caso a planta seja cultivada nestas regiões, há condições de risco devido ao frio ou a seca causando diminuição na produtividade (MAES *et al.*, 2009).

2.2.4 Importância socioeconômica e ambiental do pinhão-manso

O pinhão-manso é apontado como uma planta capaz de se desenvolver e produzir em terrenos marginais e apresentar bons resultados na recuperação de áreas degradadas. Essa planta, além de resistente à seca, pode se desenvolver em

vários tipos de solo, inclusive naqueles arenosos, pedregosos, salinos, alcalinos e rochosos, os quais, sob o ponto de vista nutricional e físico, são restritivos ao pleno desenvolvimento de raízes. O pinhão-mansó vem sendo plantado com sucesso, visando o controle de erosão, contenção de encostas e dunas, e ao longo de canais, rodovias, ferrovias, e como cerca viva em divisões internas ou limites de propriedades rurais (SATURNINO *et al.*, 2005). Teixeira (2005) destaca que o pinhão-mansó, além da capacidade de produzir óleo vegetal, é tolerante ao déficit hídrico, é pouco exigente em nutrientes e apresenta boa capacidade de recuperação de áreas degradadas, em função de suas raízes se aprofundarem no solo; no entanto, responde bem à fertilização do solo, com elevados aumentos na produtividade de sementes.

O pinhão-mansó tem importante valor agregado, uma vez que as suas sementes são aproveitadas para a extração de óleo, que pode ser utilizado como matéria-prima para a produção de sabão e combustível (biodiesel). O aproveitamento econômico da planta, sem que seja necessária a sua retirada do meio, torna o pinhão-mansó uma excelente espécie para a utilização no enriquecimento de áreas de reserva ou de preservação permanente.

A semente do pinhão-mansó produz um óleo semelhante ao diesel extraído do petróleo, o que o torna um forte candidato a integrar o grupo de plantas oleaginosas que irá fazer parte de programas mundiais de energias renováveis.

De acordo com Dange *et al.* (2006) e Sharma (2006), as vantagens especiais do pinhão-mansó como fonte do biodiesel são:

- A tecnologia da produção do combustível (processo da extração e de transesterificação) é bastante simples;
- Possui conteúdo elevado do óleo nas sementes comparativamente a outras espécies com potencial para biodiesel;
- Devido à dormência de suas sementes sobrevive a várias condições de tempo;
- Pode se desenvolver em regiões semi-áridas e áridas;
- É apropriado para todos os solos, incluindo degradados e estéreis;
- Tem um curto período para o início da produção;
- Pode ser plantado como cerca viva em torno das plantações, com o benefício duplo de proteção e de otimização de renda;

- Auxilia o solo a reter a umidade e melhora as condições ambientais em ambiente estéril;
- Possui múltiplos usos: os resíduos da produção do biodiesel podem ser usados como fertilizantes orgânicos e os restos dos frutos depois da remoção das sementes podem substituir a lenha como combustível para cozinhar, preservando, desse modo, as árvores. Além disso, o óleo residual da torta, quando diluído em água pode se constituir em um biopesticida para pomares e jardins.

O aumento das plantações de pinhão-manso, a sua manutenção, a colheita de sementes, o seu transporte, o armazenamento e a extração de óleo geram postos de trabalho para agricultores familiares.

2.3 O zoneamento agrícola

O conhecimento das características ambientais de uma determinada região é prática imprescindível para o desenvolvimento de ações que busquem o incremento das atividades agrícolas, uma vez que os fatores ambientais se inserem como limitantes nas atuais condições de uso racional da terra. Com isso, a busca por ferramentas que potencializem a forma de ocupação e uso de determinada região torna-se elemento cada vez mais presente (SILVA *et al.*, 2008).

A regionalização dos elementos agroclimáticos que definem a produtividade das culturas, como precipitação pluvial, evapotranspiração potencial, entre outros, exige análise mais abrangente, tanto no tempo como no espaço. A identificação de regiões com condições edafoclimáticas que permitam à cultura externar o seu potencial genético na produtividade torna-se necessária para o sucesso da agricultura. Por meio de estudos que relacionam a interação solo-planta-clima, é possível definir as áreas que apresentam aptidão, viabilizando a exploração agrícola das plantas, ecológica e economicamente (SILVA *et al.*, 2008).

Para que haja uma redução dos riscos climáticos para a agricultura e consequente diminuição das perdas para os agricultores, torna-se imprescindível identificar, quantificar e mapear as áreas mais favoráveis ao plantio das culturas de sequeiro levando-se em conta a oferta climática e, mais especificamente, a distribuição pluviométrica. Diante das adversidades climáticas que ocorrem

constantemente no Brasil, e da interferência negativa que essas causam na produção agrícola e na economia do país, instituições de pesquisas passaram, a partir da década de 70, a desenvolver no Brasil mecanismos que permitissem indicar com maior margem de segurança, o local e a data mais apropriada para plantar determinada cultura, nas mais diversas regiões brasileiras, como também a cultivar mais adequada para cada região.

O programa de zoneamento agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) teve início no Brasil em 1996 e, desde então, tem-se constituído num instrumento de apoio à Política Agrícola do Governo Federal na área de crédito e securidade rural. Tornou-se, ainda, um instrumento de indução ao uso de tecnologias e de suporte para a tomada de decisão no Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO), além de servir de referencial para as empresas privadas que atuam na área securitária no Brasil (CUNHA & ASSAD, 2001).

O zoneamento agrícola tem por objetivo delimitar as regiões ou “zonas” com potencial de clima e solo, que permita a exploração agrícola de uma determinada cultura.

2.3.1 Zoneamento agroclimático

O clima talvez seja o fator mais importante na determinação do potencial agrícola de uma região. Neste contexto, o zoneamento agroclimático tem como objetivo, determinar a aptidão climática de áreas para o cultivo de determinada cultura utilizando valores médios dos elementos e de índices climáticos.

Andrade Júnior (200-) propõe a seguinte metodologia para a realização do zoneamento agroclimático:

- Definir os objetivos do zoneamento;
- Identificar a área geográfica do estudo (região, Estado, município, etc);
- Caracterizar as exigências climáticas das culturas a serem zoneadas;
- Realizar o levantamento climático da região estudada, com confecção de mapas climáticos básicos;
- Preparar as cartas e documentos finais do zoneamento.

Para caracterização das exigências climáticas da cultura a ser zoneada, consulta-se a bibliografia e/ou os especialistas na cultura (é importante conhecer as características e fisiologia da cultura) e verifica-se as condições climáticas da região de origem ou de regiões onde a cultura encontra-se adaptada. Na região onde a cultura deverá ser implementada, identifica-se os elementos climáticos como a temperatura do ar, insolação, precipitação ou as variáveis e índices obtidos do balanço hídrico do solo (no Brasil, tem-se utilizado, principalmente, a temperatura do ar e as variáveis e índices do balanço hídrico climatológico). Critérios técnicos devem ser definidos para estabelecer os limites de exigências climáticas da cultura.

O zoneamento agroclimático de oleaginosas como girassol, amendoim, mamona, canola e dendê, com a finalidade de produzir matéria-prima para a fabricação de biodiesel, é prioridade para o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) e para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Desta forma, o Governo espera facilitar a operacionalização do crédito do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e dar tranqüilidade ao agricultor familiar, que contará com o Seguro da Agricultura Familiar e/ou o Garantia-Safra.

2.3.1.1 Aptidão climática

A aptidão climática destina-se a caracterizar os elementos meteorológicos que mais atuam no comportamento do vegetal. Aqueles que em suas condições extremas, venham prejudicar sensivelmente o crescimento e desenvolvimento vegetal (OMETTO, 1981).

Segundo Martorano (1998), em estudos agroclimáticos as condições térmico-hídricas são consideradas as que mais influenciam no estabelecimento e desenvolvimento das culturas. Contudo, vários são os elementos do clima e do solo que podem ser utilizados para a determinação de faixas de aptidão das culturas.

Ometto (1981) cita que para identificar faixas de aptidão agrícola para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) são utilizados os valores dos limites térmicos e de deficiência hídrica anual (DHA), obtida pelo balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), estabelecidos para a cultura. Para a aptidão térmica, o autor recomenda os seguintes valores: a) Temperaturas médias anuais entre 18 e 22 °C

(zona apta); b) Temperatura média anual entre 22 e 23 °C (zona marginal); c) Temperaturas médias anuais menores que 18 °C e maiores que 23 °C (zona inapta). Quanto à aptidão hídrica, os intervalos são os seguintes: a) DHA entre 0 e 150 mm (zona apta); b) DHA igual a 0 mm (zona marginal); c) DHA superior a 150 mm (zona inapta). Sobrepondo as linhas de deficiência hídrica com as de potencialidades térmicas é possível caracterizar a aptidão climática para a cultura em determinada região.

Para o zoneamento da videira européia (*Vitis vinifera* L.) em Pernambuco, Teixeira e Azevedo (1996) utilizaram índices climáticos baseados no balanço hídrico e nas temperaturas médias do ar. Os autores delimitaram as áreas com diferentes aptidões climáticas. Inicialmente, foi calculado o balanço hídrico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) utilizando 125 mm de retenção de água no solo, com dados climatológicos das regiões de dispersão natural e de cultivo comercial da espécie. Com os dados destes balanços foi determinado o índice hídrico anual de Thornthwaite (1948) (Ih), caracterizando o grau de umidade do clima ideal para a cultura. Em seguida, foram utilizados os valores de temperatura do ar e de precipitação pluvial mensais de 124 localidades do estado para calcular os balanços hídricos para a mesma capacidade de armazenamento de água no solo. Constatou-se que não houve limitação térmica para a cultura, em seu cultivo e exploração; portanto, as zonas com aptidão plena foram subdivididas de acordo com os valores de temperatura média mais quente (Tq) de cada local considerado. A sobreposição das isolinhas de Tq e Ih no Estado de Pernambuco, resultou nas seguintes classes de aptidão agroclimática: Aptidão plena (A): (Ih < -40) sendo A1 (Tq > 28 °C) e A2 (26 °C < Tq < 28 °C); Aptidão plena (B): (-40 < Ih < -20) sendo B1 (26 °C < Tq < 28 °C) e B2 (24 °C < Tq < 26 °C); Aptidão regular (C): (-20 < Ih < 0); Aptidão restrita (E): (20 < Ih < 60); Inaptidão (F): (Ih > 60). Algumas regiões do Estado apresentaram melhores condições de cultivo da videira, em função das disponibilidades térmica e hídrica nas condições de irrigação.

Ao realizar o zoneamento agroclimático da cultura do pinhão-mansão no estado da Bahia, Gonçalves e Sentelhas (2008) utilizaram dados de temperatura média do ar e precipitação média anual de 328 postos meteorológicos. Para a elaboração do mapa de zoneamento agroclimático da cultura, os autores fizeram a sobreposição dos mapas de temperatura média e chuva, obtendo-se diferentes zonas, que

posteriormente foram classificadas como: a) Apta; temperatura média anual entre 18 e 28,5 °C e chuva anual maior que 1000 mm; b) Marginal por deficiência hídrica: temperatura média anual entre 18 e 28,5 °C e chuva anual entre 600 e 1000 mm; c) Marginal por deficiência térmica (risco de geadas): temperatura média anual menor que 18,5 °C; d) Marginal por excesso de temperatura: temperatura média anual maior do que 28,5 °C; e) Inapta: chuva anual menor do que 600 mm. Como foi constatado que não houve limitação térmica para a cultura no referido estado, as localidades foram classificadas em aptas (20,89%), marginais por deficiência hídrica (63,95%) e inaptas (15,16%).

2.4 O Balanço Hídrico

De acordo com Sentelhas e Angelocci (200-), o balanço hídrico nada mais é do que o cômputo das entradas e saídas de água em dado volume de controle. Várias escalas espaciais podem ser consideradas para se contabilizar o balanço hídrico. Na escala macro, o balanço hídrico é o próprio ciclo hidrológico, cujo resultado nos fornecerá a água disponível no sistema (no solo, rios, lagos, vegetação úmida e oceanos), ou seja, na biosfera. Em uma escala intermediária, representada por uma microbacia hidrográfica, o balanço hídrico resulta na vazão de água desse sistema. Para períodos em que a chuva é menor do que a demanda atmosférica por vapor d'água, a vazão diminui, ao passo em que nos períodos em que a chuva supera a demanda, a vazão aumenta. Na escala local, no caso de uma cultura, o balanço hídrico tem por objetivo estabelecer a variação de armazenamento e, conseqüentemente, a disponibilidade de água no solo. Conhecendo-se qual a umidade do solo ou quanto de água este armazena é possível se determinar se a cultura está sofrendo deficiência hídrica, a qual está intimamente ligada aos níveis de rendimento dessa lavoura.

2.4.1 Balanço Hídrico Climatológico

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) foi desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) para determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições de umidade do solo. Para sua elaboração, precisa-se

do total de chuva e da estimativa de evapotranspiração potencial em cada período, havendo ainda a necessidade de se definir o armazenamento máximo de água no solo (CAD – Capacidade de Água Disponível). Com essas três informações básicas, o BHC fornece estimativas da evapotranspiração real, da deficiência, do excedente hídrico e do armazenamento de água no solo.

O Balanço Hídrico Climatológico elaborado com dados médios mensais de precipitação pluviométrica (P) e evapotranspiração potencial (ETp) de uma região é denominado de BHC Normal. Esse tipo de balanço hídrico (BH) é um indicador climatológico da disponibilidade hídrica na região, por meio da variação sazonal das condições do BH ao longo de um ano médio (cíclico), ou seja, dos períodos com deficiência e excedente hídricos. Essas informações são de cunho climático e, portanto, auxiliam no planejamento agrícola (SENTELHAS & ANGELOCCI, 200-).

O BHC elaborado com dados de P e ETp de um período ou de uma sequência de períodos (meses, semanas, dias) de um ano específico para uma certa região é denominado de BHC Sequencial. Esse tipo de BH fornece a caracterização e variação sazonal das condições do BH (deficiências e excedentes) ao longo do período em questão. Essas informações são de grande importância para as tomadas de decisão (SENTELHAS & ANGELOCCI, 200-).

Varejão-Silva (2001) afirma que por ser um conceito simples, o BHC Normal tem sido utilizado na classificação climática, no zoneamento agroclimático e na demanda de água para irrigação. Ainda segundo o autor, o modelo de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather é bastante simplificado, uma vez que as perdas e reposições de água do solo são estimadas em bases mensais. De fato, todos os parâmetros do balanço hídrico são estimados com base nos valores médios mensais de temperatura e total de precipitação, coletados durante um intervalo de tempo muito longo, em geral de 30 ou mais anos. Isso impõe outra séria limitação ao modelo: os resultados obtidos constituem uma estimativa média temporal e, portanto, não necessariamente refletem com o desejável grau de fidedignidade ao balanço hídrico (real) esperado num ano particular.

No caso específico da região tropical, deve-se ter em mente que a variação da temperatura média em um dado mês, ao longo de vários anos, é normalmente muito pequena, o que tende a estabilizar as estimativas de evapotranspiração de referência (ETr), quando calculada pelo método de Thornthwaite (1948). Mas isso

não necessariamente ocorre com o total de precipitação. No trópico semi-árido, em particular, observa-se uma flutuação inter-anual muito grande do total pluviométrico em um dado mês. Do exposto, depreende-se que os resultados fornecidos pelo balanço hídrico proposto por Thornthwaite e Mather somente devem ser considerados como uma estimativa, por vezes grosseira, da realidade física. Em geral, esses resultados não podem ser tomados como valores absolutos, sendo, no entanto, bastante úteis quando se desejam fazer comparações e em estudos de classificação climática (VAREJÃO-SILVA, 2001).

Segundo Vianello e Alves (1991) e Pereira *et al.* (1997), para a avaliação apropriada do balanço hídrico de uma região, faz-se necessário introduzir dois conceitos de evapotranspiração. Assim, para um ano particular tem-se:

Evapotranspiração potencial: quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, na quantidade de tempo, de uma superfície extensa completamente coberta de vegetação de porte baixo e bem suprida de água (PENMAM, 1956).

Evapotranspiração real: quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, nas condições reais (existentes) de fatores atmosféricos e umidade do solo. A evapotranspiração real é, portanto, menor ou igual a evapotranspiração potencial (GANGOPADHYAYA *et al.*, 1968).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo compreende o Estado de Pernambuco, situado entre as latitudes 7° 20' S a 9° 29' S e longitudes de 34° 30' W a 41° 21' W, no Nordeste brasileiro; sua posição, vegetação e topografia, oferecem condições climáticas diversificadas.

3.1 Condições climáticas de Pernambuco

O Estado de Pernambuco, localizado no Nordeste do Brasil, compreende uma área de aproximadamente 97 mil km² de extensão territorial, a qual se divide em 03 zonas distintas: Litoral/Zona da Mata, Agreste e Sertão. Da área compreendida pelo Estado, 70% pertencem ao Sertão, 19% ao Agreste e 11% a Zona da Mata e Litoral (LACERDA *et al.*, 2006) (Figura 3).

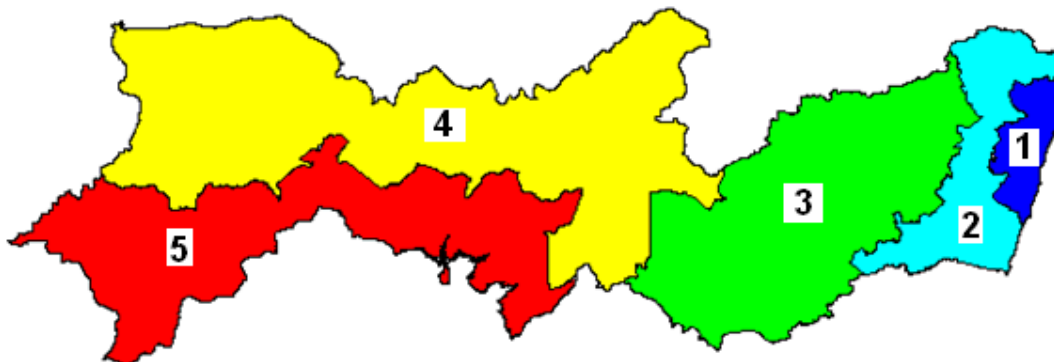


Figura 3 – Mesorregiões de Pernambuco: 1 – Região Metropolitana; 2 – Zona da Mata; 3 – Agreste; 4 – Sertão e 5 – Sertão do São Francisco. Fonte: ZAPE digital (Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/zape/index.php?link=publicacao>).

Ainda segundo Lacerda *et al.* (2006), que citam a utilização da metodologia de Thornthwaite (1955), do ponto de vista climático, Pernambuco apresenta predominantemente climas do tipo semi-árido, representando cerca de 70% da área total do estado; esta região caracteriza-se por baixos índices pluviométricos anuais, com valores oscilando entre 500 e 800 mm, e com variabilidade espacial e temporal dos índices.

No Sertão, com exceção do período chuvoso que vai de janeiro a abril, os valores de evaporação real e potencial são superiores a precipitação média mensal, com pequeno ou nenhum excesso de água. Em destaque o município de Triunfo, localizado na microrregião do Pajeú, que caracteriza-se por apresentar temperaturas amenas, bem como boa distribuição das chuvas ao longo do ano (LACERDA *et al.*, 2006).

O Agreste tem características climáticas intermediárias entre climas semi-árido e sub-úmido, em sua porção ocidental. O Agreste pernambucano apresenta períodos de chuvas que vão de março a junho e em média alguns excedentes hídricos observados entre os meses de abril a junho (LACERDA *et al.*, 2006).

A Zona da Mata e o Litoral de Pernambuco caracterizam-se, predominantemente, por apresentar clima úmido, com chuvas superiores a 1.000 mm, em média. No geral, as chuvas se iniciam em março, podendo estender-se até agosto. Nesta região, a deficiência hídrica é notória entre os meses de setembro a fevereiro e os excedentes nos demais meses do ano (LACERDA *et al.*, 2006).

3.2 Dados climáticos

Para a realização do zoneamento do pinhão-mansão, foram utilizados dados de 146 postos meteorológicos, sendo 73 postos com uma série acima de 30 anos de observações e outros 73 com uma série abaixo de 30 anos (porém maior que 20 anos) de observações para uma melhor representatividade de dados para o Estado (Anexo C). Os dados climáticos mencionados são as médias anuais de temperatura e precipitação (SUDENE, 1990), disponíveis na página virtual da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). A distribuição dos postos pluviométricos no Estado pode ser observada na Figura 4.

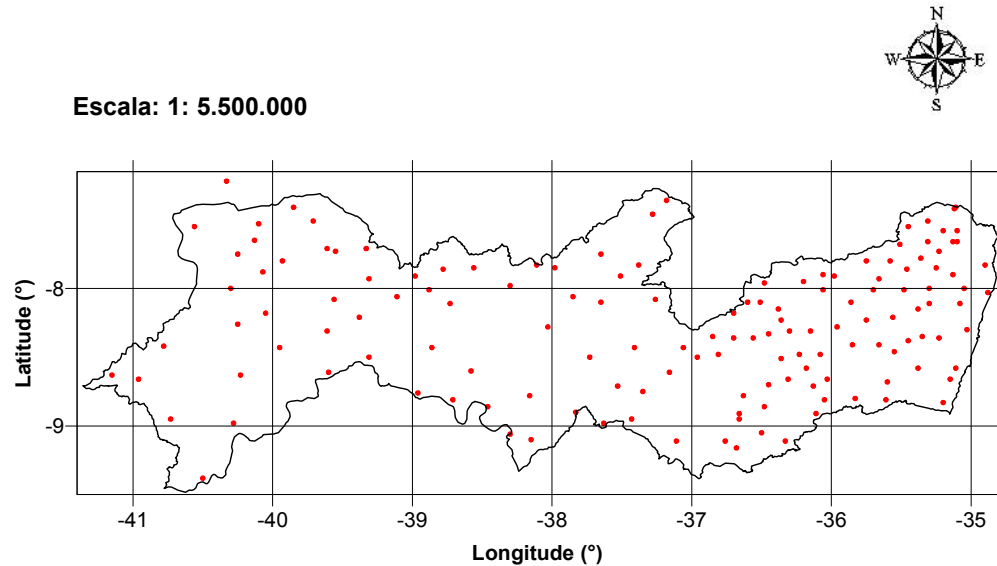


Figura 4 – Distribuição dos postos pluviométricos em Pernambuco.

3.3 Estimativa da temperatura do ar

A precipitação pluvial em regiões tropicais é fortemente variável no tempo, espaço, duração e quantidade, enquanto a temperatura do ar apresenta baixa variabilidade sendo, portanto, facilmente modelada em função das coordenadas geográficas (Cavalcanti *et al.*, 2006). Assim sendo, a baixíssima concentração espacial de locais com registros termométricos, em Pernambuco, restringe drasticamente a disponibilidade de dados de temperatura, quando comparados aos de precipitação. Para contornar esse problema foi necessário estimar as médias mensais de temperatura do ar, para todos os locais onde apenas se dispunham de dados de chuva.

Para estimar a temperatura média do ar, em função das coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) dos locais que dispunham apenas dos registros de chuva, foi utilizado o programa Estima_T versão 2.0, com distribuição gratuita na website do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande. O software foi desenvolvido por Cavalcanti *et al.* (2006) e apresenta os Estados da Região Nordeste agrupados em três áreas: 1 - Maranhão e Piauí; 2 - Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco e 3 - Alagoas; Sergipe e Bahia. Para cada área, existem os coeficientes da função quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal em função das

coordenadas locais (longitude, latitude e altitude), conforme proposto por Cavalcanti e Silva (1994). A estimativa da série temporal de temperatura do ar (média, máxima e mínima) é obtida adicionando-se, ao valor médio estimado, a anomalia de temperatura do oceano Atlântico Tropical do mês e ano considerado.

3.4 Estimativa da evapotranspiração

A evapotranspiração potencial pode ser medida através de um equipamento denominado evapotranspirômetro. Todavia, a instalação e a condução de observações regulares e sistemáticas nesses aparelhos nem sempre é fácil de obter e exige certos cuidados especiais de manutenção, de modo a impossibilitar o seu uso generalizado.

Dessa forma, alguns autores se preocupam em obter a evapotranspiração potencial através de métodos teórico-empíricos de cálculo, a partir de variáveis meteorológicas comumente observadas, estabelecendo correções e ajustes conforme a necessidade.

Dentre os métodos para a estimativa da evapotranspiração potencial mais difundidos e utilizados em todo o mundo, destaca-se o de Thornthwaite (1948), por ser relativamente simples de usar, já que exige somente dados de temperatura do ar. Teixeira e Azevedo (1996), Waldheim *et al.* (2006) e Silva (2006) utilizaram o método de Thornthwaite para estudos de zoneamento agroclimático e obtiveram bons resultados.

Esse método também tem sido largamente usado para estimar a evapotranspiração potencial em áreas onde não há disponibilidade de outros dados senão os de temperatura do ar. Sua maior utilidade, contudo, é para a estimativa do balanço hídrico climático, cujos resultados têm sido largamente usados, como parâmetros, para estabelecer comparações entre condições climáticas reinantes em distintas áreas, com vistas à realização de zoneamentos agroclimáticos (VAREJÃO-SILVA, 2001).

O método empírico de Thornthwaite (1948) é baseado apenas na temperatura média do ar, sendo esta a sua principal vantagem. Thornthwaite estabeleceu a correlação entre os valores da evapotranspiração potencial e da temperatura média, em bases mensais, sendo essa relação expressa através de uma equação geral que é:

$$ETp = f \cdot 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot T}{I} \right)^a \quad (1)$$

Em que:

ETp – evapotranspiração potencial para meses de 30 dias e comprimento de 12 horas, em mm.mês⁻¹;

f – fator de correção em função da latitude e mês do ano;

T – temperatura média mensal do ar do mês em análise, em °C;

I – é um “índice de calor anual” dado pelo somatório dos doze índices mensais i;

a – é uma função cúbica de I, definida por:

$$a = 0,49239 + 1,792 \cdot 10^{-2} \cdot I - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 \quad (2)$$

Para a obtenção do fator de correção f e do índice de calor anual I, utilizam-se as seguintes expressões:

$$f = \frac{N}{12} \cdot \frac{n}{30} \quad (3)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1,514} \quad (4)$$

Em que:

N – fotoperíodo do dia 15 do mês em análise, considerado representativo da média desse mês (Anexo B);

n – número de dias do mês em análise;

T_i – são as temperaturas médias mensais do ar de cada um dos 12 meses do ano.

3.5 Cálculo do Balanço Hídrico Climático

De posse dos dados da temperatura do ar média e da precipitação pluviométrica média mensal dos postos meteorológicos foram calculados os balanços hídricos climatológicos segundo Thornthwaite e Mather (1955) para uma capacidade de retenção de água no solo de 100 mm (CAD), normalmente utilizado como média climatológica para a região (MEDEIROS, 2007). Segundo Carvalho *et al.* (2010) o valor de 100 mm adotado para a CAD é o mais usual para efeito de estudos climatológicos.

A evapotranspiração potencial (ETp) foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). Como resultado, o balanço hídrico forneceu as estimativas da evapotranspiração real (ETr), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM) para cada mês do ano.

3.6 Classificação climática

Após a geração do *balanço hídrico climatológico* (BHC) de cada localidade, tomou-se os totais anuais de evapotranspiração potencial, deficiência hídrica e excedente hídrico para o cálculo do índice umidade (Iu) conforme ICRISAT (1980) e CARVALHO *et al.* (200-?).

$$I_u = 100 \cdot \left(\frac{\sum EXC - \sum DEF}{\sum ETp} \right) \quad (6)$$

Com base no índice de umidade de Thornthwaite (eq. 6) foi realizada a classificação climática de cada localidade para o estado de Pernambuco, conforme os intervalos de valores da Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos climáticos segundo ICRISAT (1980), baseados no índice de umidade (Iu) gerado a partir das variáveis do BHC de Thornthwaite e Mather (1955).

	Tipo de Clima	Iu
A	Super-úmido	$Iu \geq 100$
B ₄	Úmido	$80 \leq Iu < 100$
B ₃	Úmido	$60 \leq Iu < 80$
B ₂	Úmido	$40 \leq Iu < 60$
B ₁	Úmido	$20 \leq Iu < 40$
C ₂	Sub-úmido chuvoso	$0 \leq Iu < 20$
C ₁	Sub-úmido seco	$-33,3 \leq Iu < 0$
D	Semi-árido	$-66,7 \leq Iu < -33,3$
E	Árido	$-100 \leq Iu < -66,7$

3.7 Exigências térmicas e hídricas da cultura

Com base nas exigências hídricas (HENNING, 1996) e de temperatura (SATURNINO *et al.*, 2005), Gonçalves e Sentelhas (2008) propuseram as seguintes classes de aptidão climática para a cultura do pinhão-manso: a) Apta - temperatura média anual entre 18 e 28,5 °C e precipitação média anual maior que 1.000 mm; b) Restrito por deficiência hídrica - temperatura média anual entre 18 e 28,5 °C e precipitação média anual entre 600 e 1.000 mm; c) Restrito por deficiência térmica (risco de geadas) - temperatura média anual menor que 18,5 °C; d) Restrito por excesso de temperatura - temperatura média anual maior que 28,5 °C; e) Inapta – precipitação média anual menor do que 600 mm. Dallacort *et al.* (2010) utilizaram este mesmo procedimento ao realizar estudo da aptidão climática para pinhão-manso na região de Tangará da Serra em Mato Grosso. Para a presente pesquisa foi utilizada a mesma classe de aptidão climática proposta por Gonçalves e Sentelhas (2008), também utilizada por Dallacort *et al.* (2010).

3.8 Elaboração dos mapas climáticos

Na elaboração dos mapas foi utilizado o programa SURFER[®] (versão 7.0) para gerar os mapas de contorno (isolinhas). O método de estimativa utilizado foi o da

krigagem. Trata-se de um processo de estimação por médias móveis, dos valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes, enquanto considerados como interdependentes por uma função denominada variograma. Este fornece as informações para o método encontrar os pesos ótimos a serem associados às amostras com valores conhecidos para estimar pontos desconhecidos, ou seja, a estimativa é feita para determinar um valor médio em um local não amostrado. Dentre os métodos de estimativas comumente empregados o método geoestatístico da krigagem pode ser considerado como o melhor estimador linear sem viés, cujo objetivo é a minimização da variância da estimativa (LANDIM *et al.*, 2002).

Com os dados médios históricos de temperatura e precipitação pluviométrica foram confeccionados os mapas de temperatura média anual do ar (com isolinhas a cada 0,5 °C) e precipitação pluviométrica anual média (com isolinhas a cada 100 mm) para todo o estado de Pernambuco. Os mapas de evapotranspiração real e potencial anuais médias, bem como os mapas de déficit e excedente hídrico anuais médios foram confeccionados com isolinhas espaçadas a cada 100 mm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Os mapas climáticos

As Figuras 5 e 6 ilustram, respectivamente, as variabilidades espaciais da temperatura média anual do ar e precipitação pluviométrica anual média no Estado de Pernambuco.

Pode ser observado na Figura 5 que as maiores faixas de temperatura média situam-se ao redor da mesorregião do Sertão do São Francisco. Por outro lado, as isolinhas com os menores valores de temperatura média giram dentro da mesorregião do Agreste pernambucano. O principal motivo para menores faixas de temperatura nesta região estar atribuído ao fator climático “relevo”, pois é na região do Agreste que se encontram boa parte dos “Brejos de Altitudes” de Pernambuco, como Porção (LAT = -36,70°, LON = -8,18° e ALT = 1.035 m), Buíque (LAT = -37,16°, LON = -8,61° e ALT = 798 m) e Brejão (LAT = -36,50°, LON = -9,05° e ALT = 620 m), dentre outros. Para Cabral *et al.* (2004) nos Brejos de Altitude, localizados na região Agreste de Pernambuco, o microclima é diferenciado do entorno, a temperatura é mais amena e, por efeito orográfico, a pluviosidade é bastante superior à das áreas circunvizinhas. Pereira *et al.* (2002) corroboram esta afirmação quando esclarecem que com o aumento da altitude ocasionalmente há uma diminuição da temperatura, em consequência da rarefação do ar e diminuição da pressão atmosférica. Em média, há um decréscimo de 0,6 °C a cada 100 m de elevação.

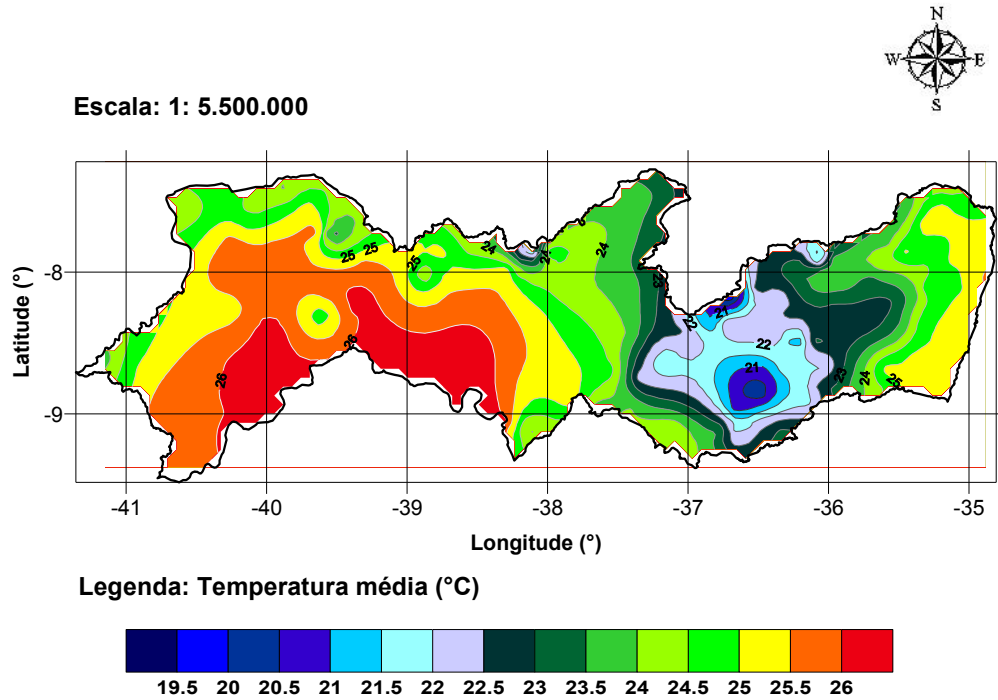


Figura 5 – Variabilidade espacial da temperatura anual média do ar no Estado de Pernambuco.

Observa-se na Figura 6, que o Sertão Pernambucano, apresenta em sua maior área, faixas de precipitações entre 400 e 800 mm anuais, com os menores valores situados na mesorregião do São Francisco. Por sua vez, a mesorregião do Agreste apresenta precipitações da ordem de 600 a 1.000 mm anuais em sua maior extensão; porém, é na Zona da Mata e Litoral que são observadas as maiores alturas pluviométricas anuais, com valores que vão de 1.000 a 2.200 mm em sua grande parte, com destaque para o Litoral Sul. Excetuam-se deste contexto, alguns Brejos de Altitude como Bom Jardim (LAT = -35,58°, LON = -7,80° e ALT = 325 m) ($P_{ma} = 1.485$ mm) no Agreste e Triunfo (LAT = -38,11°, LON = -7,83° e ALT = 1.010 m) ($P_{ma} = 1.231$ mm) no Sertão. Para Cabral *et al.* (2004) as chuvas nas regiões de alguns brejos pernambucanos apresentam características orográficas, sofrendo influência do relevo e das massas de ar úmido, que se deslocam pelo vales dos rios e encontram nos brejos condições propícias para condensação. Apesar desta variabilidade de chuvas no Estado, Lacerda *et al.* (2006) esclarecem que os impactos mais adversos do clima sobre as atividades produtivas em Pernambuco não advêm das condições médias da meteorologia, quer de baixa, média ou alta precipitação pluviométrica, mas sim da sua variabilidade temporal e espacial,

acarretando enchentes e deslizamentos em áreas da Região Metropolitana do Recife e períodos prolongados de estiagem no Sertão.

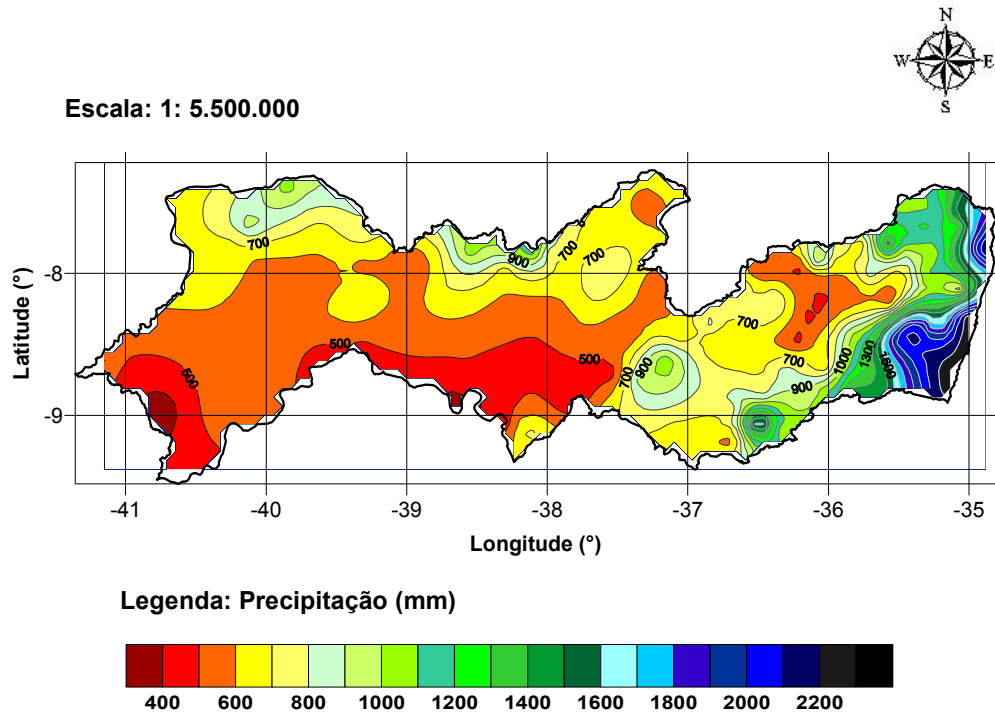


Figura 6 – Variabilidade espacial da precipitação pluviométrica anual média no Estado de Pernambuco.

Nas Figuras 7 e 8 são apresentados os mapas de evapotranspiração potencial e real, respectivamente, com isolinhas a cada 100 mm.

Pode-se observar no mapa que ilustra as isolinhas de evapotranspiração potencial (ETp) anual média (Figura 7), que os maiores valores de evapotranspiração ocorrem no Sertão do São Francisco e os menores na região sul do Agreste, mais precisamente na Microrregião de Garanhuns (LAT = -36,48°, LON = -8,86° e ALT = 866 m), bem como em algumas localidades de maiores altitudes dentro do Estado. Porém, ao observar o mapa de evapotranspiração real (ETr) anual média (Figura 8) nota-se que os menores valores de evapotranspiração giram em torno da Mesorregião do Sertão do São Francisco, bem como em parte do agreste, mais precisamente na Microrregião do Vale do Ipojuca, enquanto os maiores valores ocorrem em todo o Litoral Pernambucano se expandindo para a Zona da Mata.

Segundo Mota (1983) a evapotranspiração potencial depende do poder evaporante do ar que é determinado pela radiação, vento, umidade e temperatura; enquanto a evapotranspiração real não depende somente de fatores meteorológicos, mas também dos fatores relacionados com a cultura e com as “propriedades físicas do solo”. Quando o solo está saturado na capacidade de campo, a ETr é máxima e pode ser igual a potencial, e é determinada pelas condições meteorológicas predominantes. À medida que o solo seca, a evapotranspiração real se torna inferior à evapotranspiração potencial.

Para Ometto (1981), a ETp nos informa sobre a demanda máxima em água pela planta, isto é, o valor limite superior de reposição de água no solo. O mesmo autor salienta que o conhecimento da ETr é de fundamental importância, pois a partir daí é possível estabelecer um índice importante para a planta conhecido como “índice de rendimento vegetativo”.

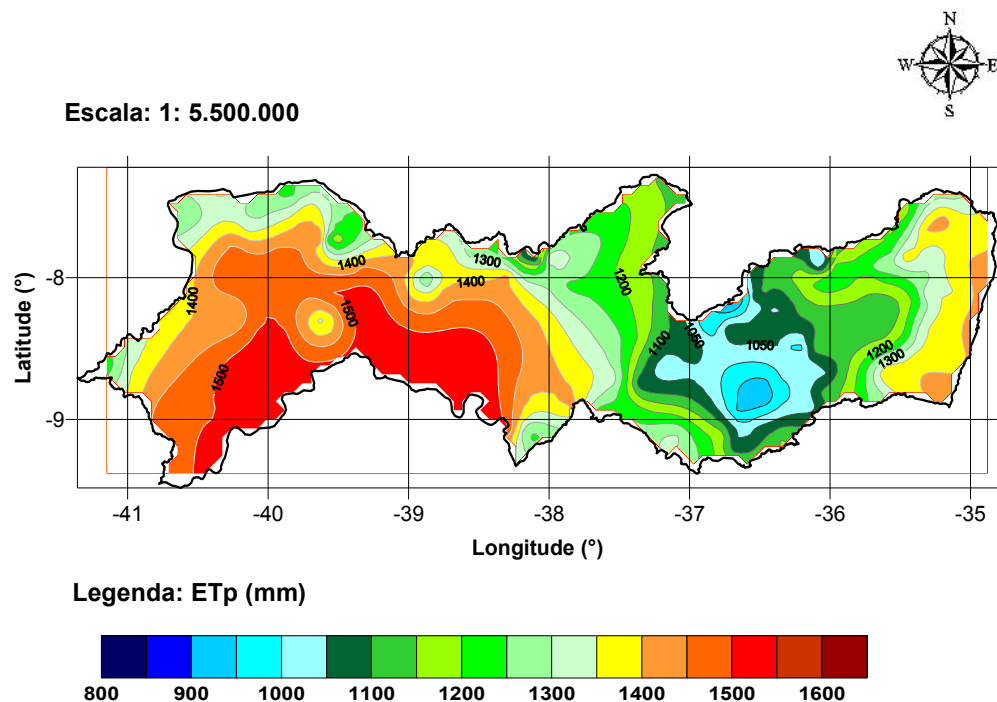


Figura 7 – Variabilidade espacial da evapotranspiração potencial anual média no Estado de Pernambuco.

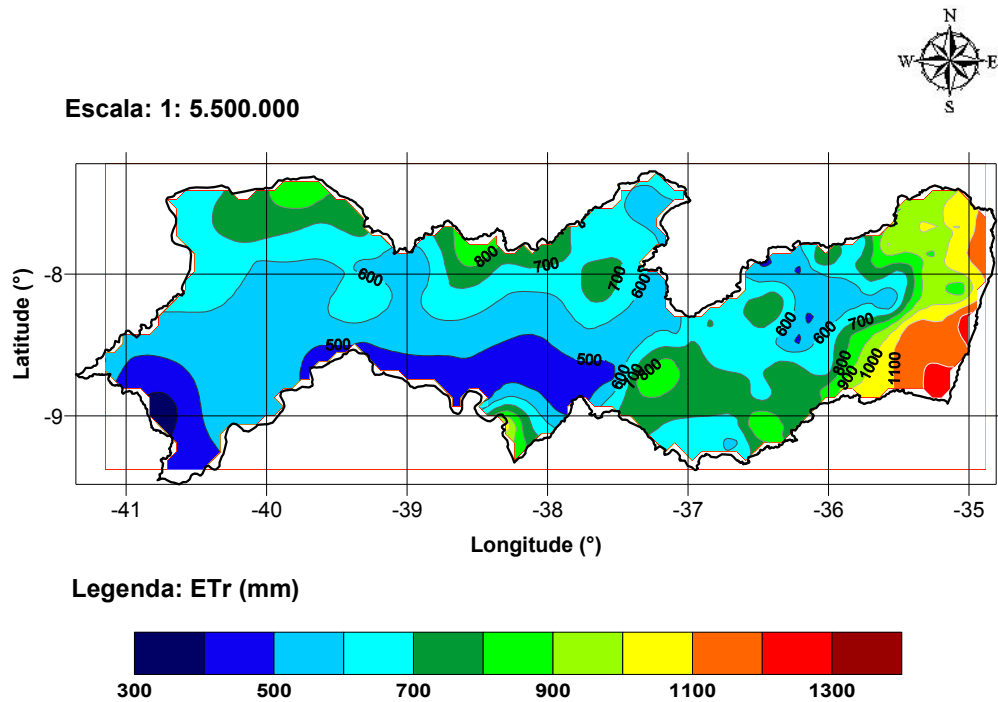


Figura 8 – Variabilidade espacial da evapotranspiração real anual média no Estado de Pernambuco.

Na Figura 9 é apresentado o mapa de déficit hídrico (DEF) acumulado para o Estado de Pernambuco (com isolinhas a cada 100 mm). Observa-se que os maiores déficits ocorrem na Mesorregião do Sertão do São Francisco, enquanto os menores situam-se nas regiões da Zona da Mata e Litoral, bem como em mais ao Sul do Agreste Pernambucano. A Figura 10 ilustra o mapa com o excedente hídrico (EXC) acumulado (com isolinhas a cada 100 mm) para o Estado, onde se observa que em quase todo o Sertão de Pernambuco e grande parte do Agreste não apresentam praticamente nenhum excesso de água no solo, com pequenas exceções para os Brejos de Altitude localizados nestas regiões; por outro lado, os maiores excedentes são observados nas regiões da Zona da Mata e Litoral, com destaque para a Zona da Mata/Litoral Sul.

A variabilidade do déficit e excedente hídrico dentro do Estado pode estar ligado com a distribuição das chuvas e a evapotranspiração real. Quando se observa as referidas cartas nota-se que às áreas com maiores valores de precipitação pluviométrica e ETr são semelhantes as áreas de maiores excedentes hídricos e menores valores de excesso hídrico; o inverso também é verdadeiro. Segundo

Pereira *et al.* (2002) a disponibilidade hídrica depende do balanço entre a chuva e a evapotranspiração, sendo esta última dependente das condições da superfície (tipo de cobertura, tipo de solo) e da demanda atmosférica (temperatura, umidade do ar e velocidade do vento).

O déficit hídrico representa o déficit de água à planta (OMETTO, 1981). Para Mota (1983), a estimativa dos excedentes de água é de considerável importância prática para os agricultores. Ela não representa apenas uma indicação de possível dimensão da erosão do solo, mas também da intensidade do lixiviamento dos nutrientes químicos do solo. A variação do déficit, bem como do excedente hídrico, auxilia no planejamento das atividades agrícolas de uma região.

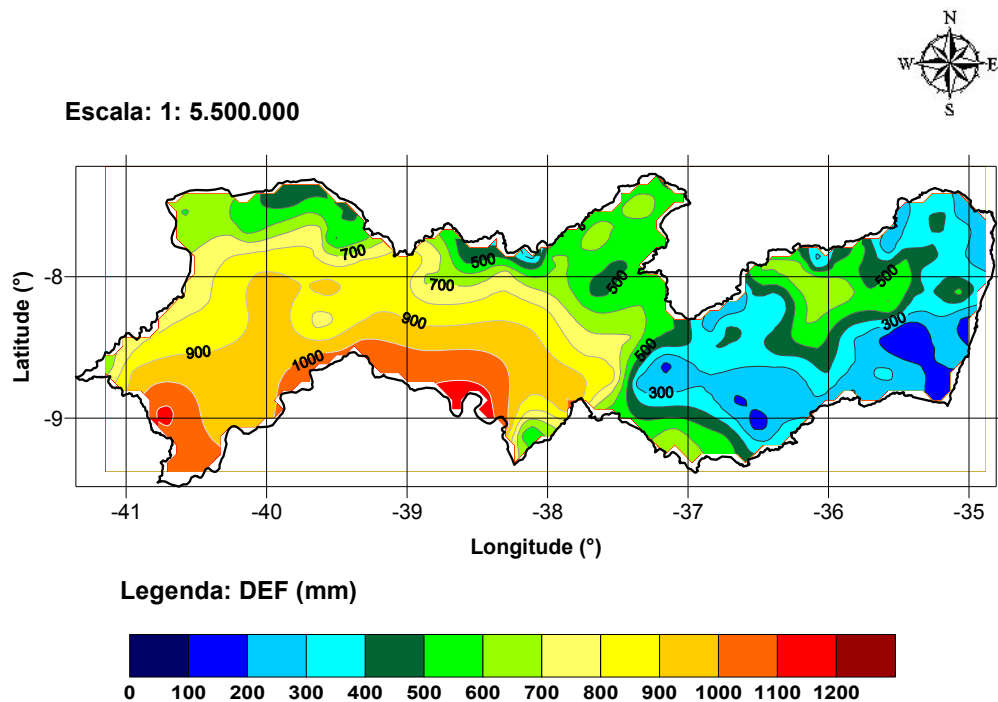


Figura 9 – Variabilidade espacial da deficiência hídrica (DEF) anual média, considerando-se uma CAD de 100 mm, no Estado de Pernambuco.

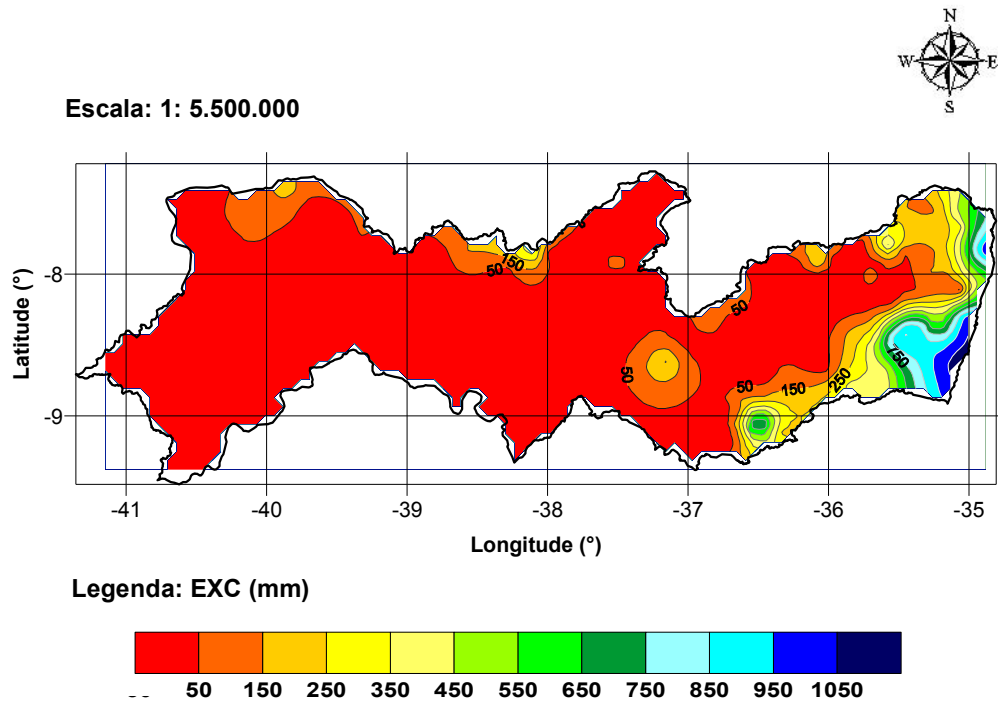


Figura 10 – Variabilidade espacial do excedente hídrico (EXC) anual médio, considerando-se uma CAD de 100 mm, no Estado de Pernambuco.

4.2 Extratos dos balanços hídricos

A sazonalidade da deficiência hídrica (DEF) e do excesso hídrico (EXC), para uma CAD de 100 mm, e suas variabilidades nas diferentes regiões do Estado são apresentadas nas Figuras 11 a 19. Pode-se observar uma grande variedade de climas no Estado. Considerando os exemplos mostrados nas seguintes figuras, o clima varia de úmido, nas regiões da zona da Mata e Litoral, a árido em alguns municípios do Sertão do São Francisco.

A Figura 11 apresenta o extrato do BHC para o município de Rio Formoso (LAT = -35,15°, LON = -8,66° e ALT = 39 m), localizado na Mesorregião da Zona da Mata (Microrregião da Mata Meridional), que é uma cidade litorânea e apresenta precipitação anual média de 2.265 mm, com estação úmida de março a setembro. Observa-se que estação seca estende-se de outubro a fevereiro com deficiência anual de 184,1 mm. O excedente hídrico anual é de 1.052,3 mm e o clima é caracterizado como úmido “B₃”.

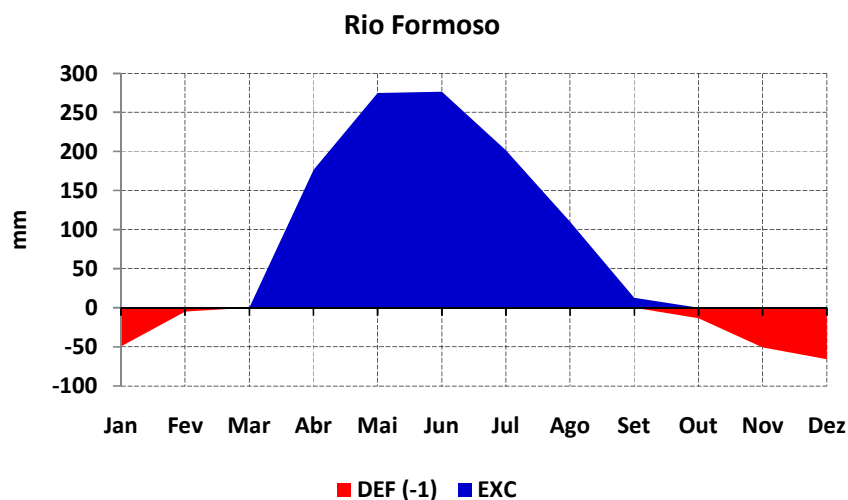


Figura 11 – Extrado do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Rio Formoso, na Zona da Mata Meridional de Pernambuco.

A Figura 12 apresenta o extrato do BHC para a cidade de Aliança (LAT = -35,20°, LON = -7,58° e ALT = 60 m), localizada na Zona da Mata Setentrional. A precipitação anual média é de 1.130 mm, com estação úmida de abril a julho. Observa-se, também, uma estação seca estendendo-se de setembro a março, porém com uma deficiência hídrica anual acumulada de 449,9 mm. O excedente hídrico é de 152,2 mm e o clima é caracterizado como sub-úmido seco “C₁”.

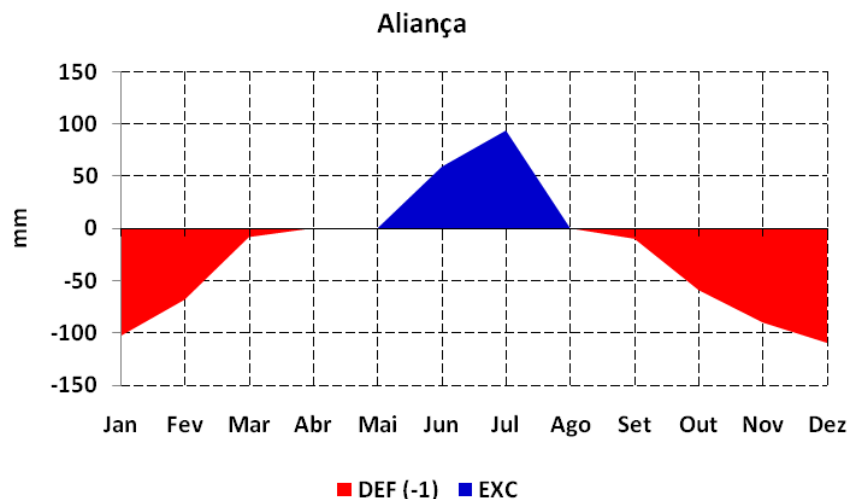


Figura 12 – Extrado do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Aliança, na Zona da Mata Setentrional de Pernambuco.

A Figura 13 apresenta o extrato do BHC para a cidade de Caruaru (LAT = -35,96°, LON = -8,28° e ALT = 545 m), localizada na Mesorregião do Agreste (Microrregião: Vale do Ipojuca). A precipitação anual média é de 549 mm, com estação úmida entre junho e julho. Observa-se que não há excedente hídrico ao longo do ano, porém o déficit hídrico acumulado é de 553 mm. O clima é caracterizado como semi-árido “D”.

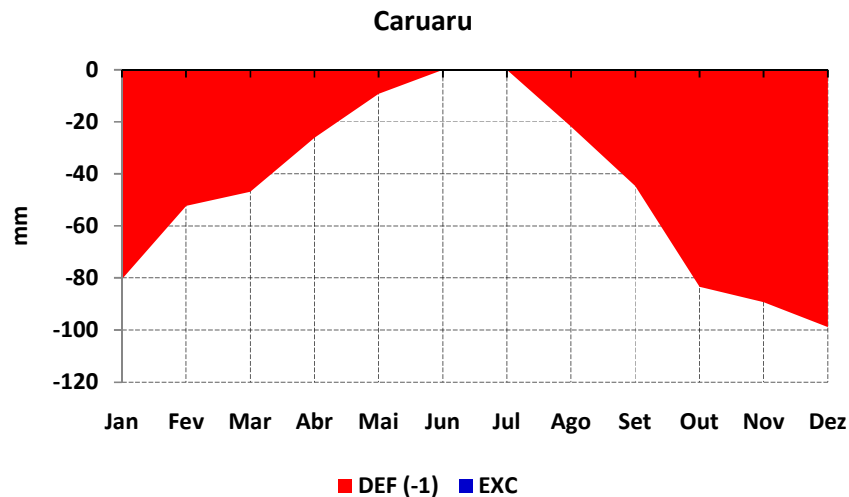


Figura 13 – Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Caruaru, no Agreste de Pernambuco.

A Figura 14 apresenta o extrato do BHC para a cidade de Garanhuns (LAT = -36,48°, LON = -8,86° e ALT = 866 m), também localizada na Mesorregião Agreste. A precipitação anual média é de 761 mm, com estação úmida de maio a agosto. Apesar de estar inserida na mesma Mesorregião que Caruaru, nota-se que Garanhuns já apresenta um excedente hídrico acumulado, cujo valor anual é de 113,1 mm. A estação seca estende-se de setembro a abril com deficiência anual de 226,8 mm. O clima é caracterizado como sub-úmido seco “C₁”.

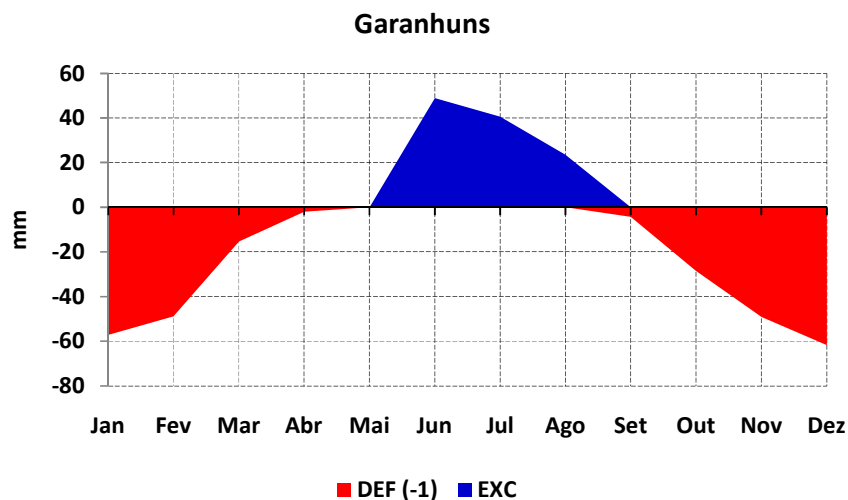


Figura 14 – Extrado do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Garanhuns, no Agreste de Pernambuco.

A Figura 15 apresenta o extrato do BHC para Buíque (LAT = -37,16°, LON = -8,61° e ALT = 798 m), outra cidade do Agreste de Pernambuco, situada na Microrregião do Vale do Ipanema. A precipitação pluviométrica em Buíque é de 1.089 mm, com estação úmida de março a agosto. Observa-se uma estação seca estendendo-se de setembro a fevereiro com deficiência anual de 176,7 mm. O excedente hídrico acumulado é de 260,6 mm e o clima é caracterizado como sub-úmido chuvoso “C₂”.

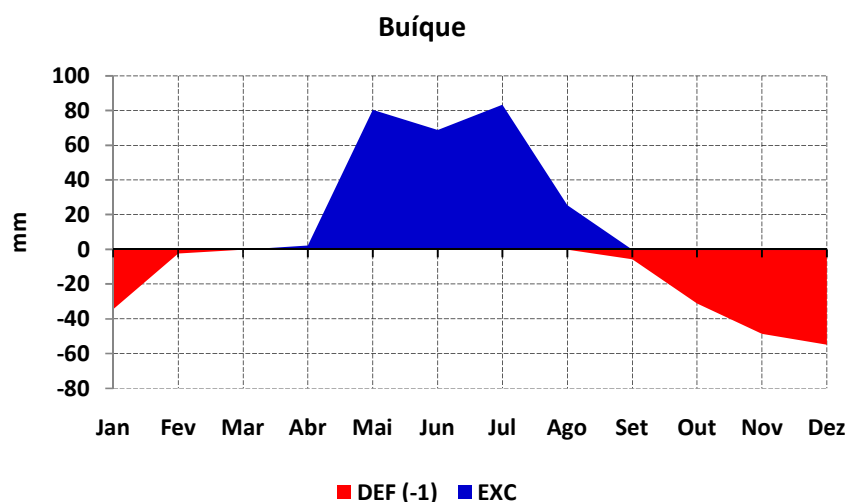


Figura 15 – Extrado do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Buíque, no Agreste de Pernambuco.

A Figura 16 apresenta o extrato do BHC para o município de Bodocó (LAT = -39,93°, LON = -7,80° e ALT = 440 m), Sertão Pernambucano (Microrregião de Araripina). A estação úmida esta presente apenas no mês de abril. Observa-se na figura que em momento algum houve excedente hídrico, a exemplo de Caruaru no Agreste, porém o déficit hídrico acumulado em Bodocó, assim como a precipitação pluviométrica anual, apresentaram maiores valores que a outra cidade, 802,7 mm e 654 mm respectivamente. O clima também é caracterizado como semi-árido “D”.

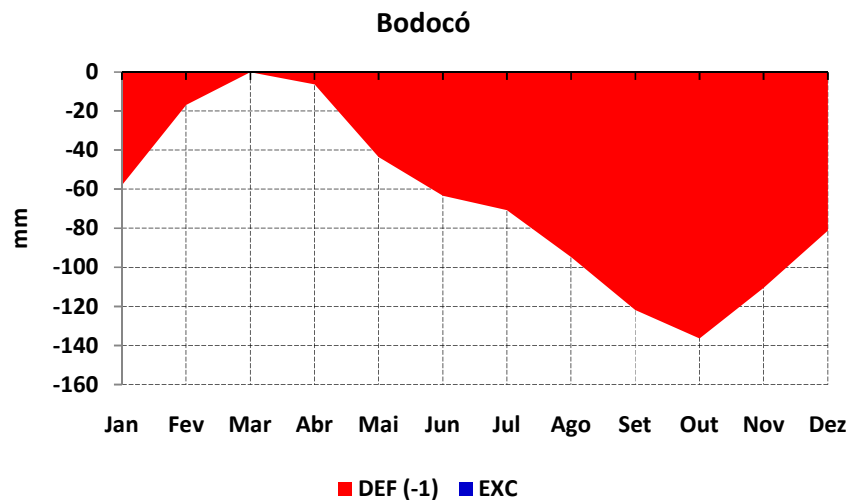


Figura 16 – Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Bodocó, no Sertão de Pernambuco.

A Figura 17 apresenta o extrato do BHC para a cidade de Triunfo (LAT = -38,11°, LON = -7,83° e ALT = 1.010 m), localizada também na Mesorregião do Sertão Pernambucano, na Microrregião do Pajeú. A precipitação anual média em Triunfo é de 1.231 mm, com estação úmida de janeiro a julho. A estação seca vai de agosto a dezembro com uma deficiência hídrica acumulada de 167 mm. O excedente hídrico anual é de 427,7 mm e o clima é caracterizado como úmido “B₁”. Apesar de estar situada em pleno Sertão Pernambucano, Triunfo possui um clima totalmente diferente das cidades circunvizinhas. Como já foi visto, Triunfo faz parte dos chamados “Brejos de Altitude” de Pernambuco. Para Andrade-Lima (1982) *apud* Cabral *et al.* (2004) parte da floresta atlântica nordestina é composta pelos brejos de altitude: “ilhas” de florestas úmidas estabelecidas na região semi-árida, sendo cercadas por uma vegetação de caatinga. A existência dessas ilhas de floresta em

uma região onde a precipitação média anual varia entre 240 - 900 mm (LINS, 1989 *apud* CABRAL *et al.*, 2004) está associada à ocorrência de planaltos e chapadas entre 500 - 1.100 m altitude (Borborema, Chapada do Araripe, etc), onde as chuvas orográficas garantem níveis de precipitação superiores a 1.200 mm.ano⁻¹ (ANDRADE-LIMA, 1960 *apud* CABRAL *et al.*, 2004). Quando comparados às regiões semi-áridas, os brejos possuem condições privilegiadas quanto à umidade do solo e do ar, temperatura e cobertura vegetal (ANDRADE-LIMA, 1966 *apud* CABRAL *et al.*, 2004). A altitude do posto meteorológico instalado na cidade de Triunfo é de 1.010 metros.

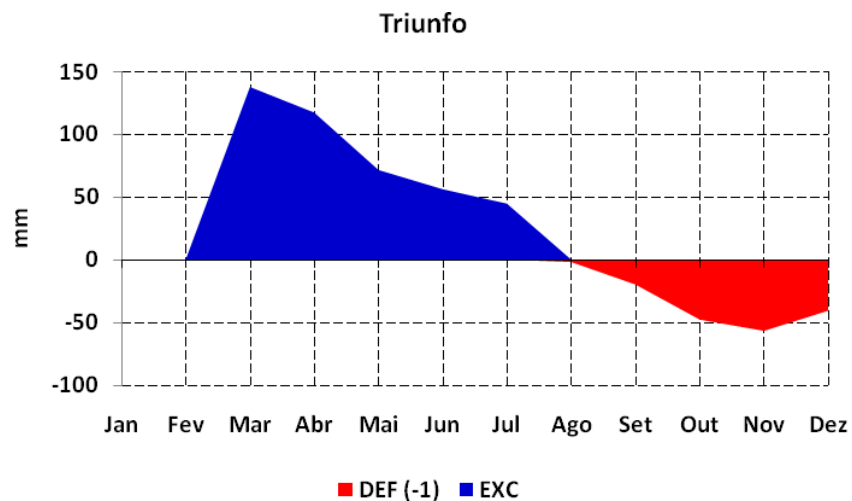


Figura 17 – Extrato do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Triunfo, no Sertão de Pernambuco.

A Figura 18 apresenta o extrato do BHC para o município de Tacaratu (LAT = -38,15°, LON = -9,10° e ALT = 550 m) localizado na Mesorregião do Sertão do São Francisco (Microrregião: Itaparica). A precipitação anual média é de 736 mm, com estação úmida de maio a julho. Observa-se que não há excedente hídrico ao longo do ano, porém o déficit hídrico acumulado é de 491,7 mm. O clima é caracterizado como semi-árido “D”.

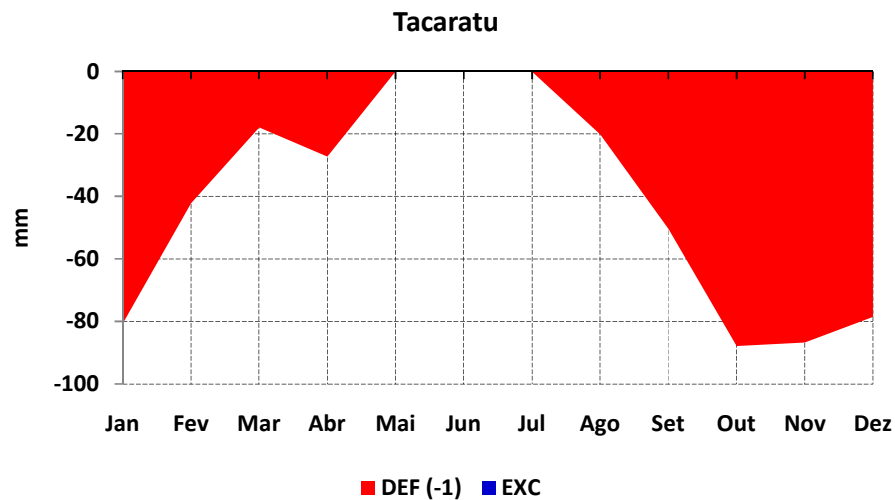


Figura 18 – Extrado do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Tacaratu, no Sertão do São Francisco de Pernambuco.

A Figura 19 apresenta o extrato do BHC para a cidade de Petrolina (LAT = -40,50°, LON = -9,38° e ALT = 376 m) localizada na Mesorregião do Sertão do São Francisco (Microrregião: Petrolina). Observa-se que não há excedente hídrico durante todo o ano. O déficit hídrico acumulado é de 1.068,6 mm, sendo um dos maiores do Estado. A evapotranspiração potencial apresenta-se maior que a precipitação pluviométrica em todos os meses do ano. O clima é caracterizado como árido “E”.

Para Saturnino *et al.* (2005), o pinhão-manso é tolerante à seca, a grandes períodos de déficit hídrico por até três anos. No entanto, a planta entra em dormência, paralisando seu crescimento e perdendo as folhas reduzindo sua produção a níveis próximos ou equivalentes a zero, passando a sobreviver da água armazenada nos caules. Apesar da escassez de água pluvial em seu território, a cidade de Petrolina é banhada pelo rio São Francisco, o que possibilita grandes empreendimentos na área da agricultura irrigada.

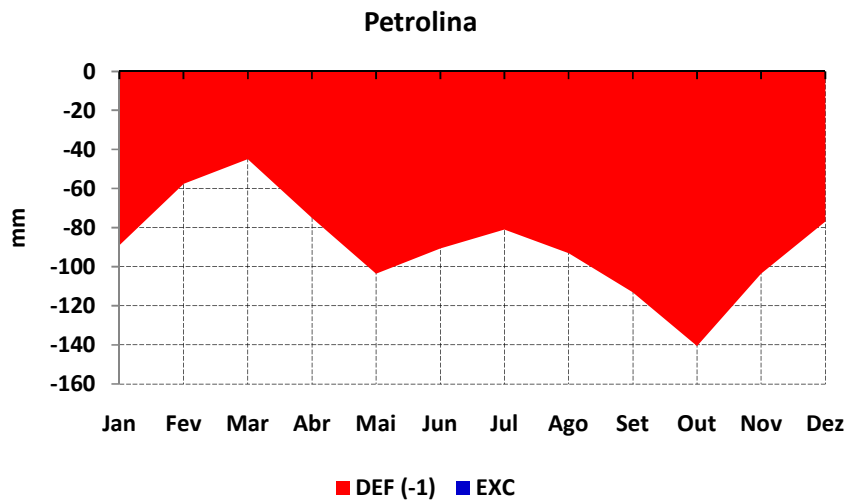


Figura 19 – Extrado do BHC normal, apresentando os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico em Petrolina, no Sertão do São Francisco de Pernambuco.

4.3 Tipos climáticos de Pernambuco

É apresentado na Figura 20 a distribuição dos tipos climáticos para o estado de Pernambuco segundo ICRISAT (1980), baseados no índice de umidade (lu) gerado a partir das variáveis do BHC de Thornthwaite e Mather (1955). Pode-se observar que Pernambuco apresenta sete tipos de clima, distribuídos desde o tipo úmido (B₃) em uma pequena porção da Zona da Mata do Litoral Sul, até o clima árido (E) situado em certa faixa do Sertão do São Francisco. Observa-se também que o Estado apresenta predominância do clima semi-árido.

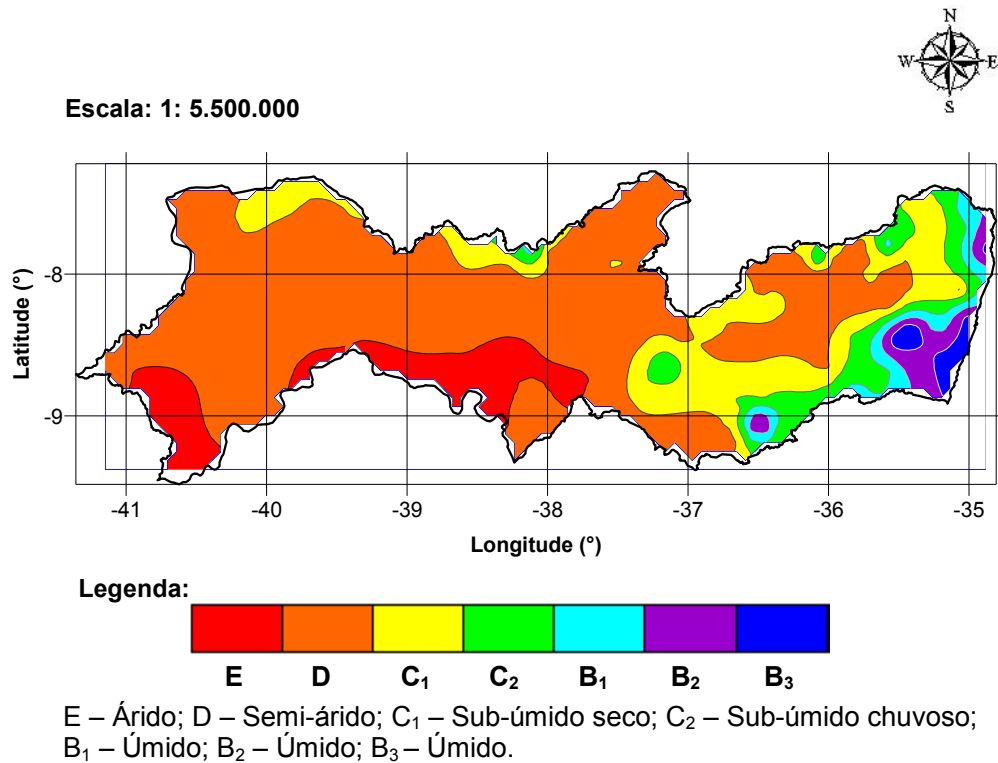


Figura 20 – Tipos climáticos para o Estado de Pernambuco segundo ICRISAT (1980), baseados no índice de umidade (Iu) gerado a partir das variáveis do BHC de Thornthwaite e Mather (1955).

4.4 Viabilidade climática para o pinhão-manso em Pernambuco

A Figura 21 apresenta as médias anuais de temperaturas das 146 localidades analisadas em Pernambuco. Observa-se que a temperatura média do ar variou de 19,5 °C (na cidade de Porção) a 26,4 °C (no Município de Floresta). Saturnino *et al.* (2005) indicaram que a faixa ótima para o cultivo do pinhão-manso situa-se entre 18 e 28,5 °C, indicando não haver restrições de ordem térmica para o desenvolvimento da referida cultura no Estado, mesmo nas regiões de maiores altitudes. Gonçalves e Sentelhas (2008), ao analisar o regime térmico da Bahia, constataram que naquele Estado também não houve restrição para o cultivo do pinhão-manso no que se refere à temperatura do ar.

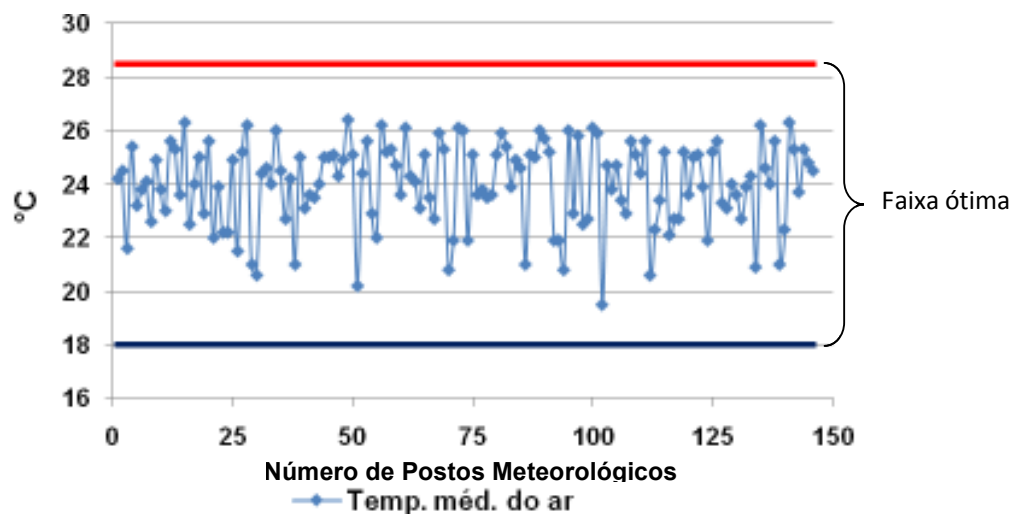


Figura 21 – Temperaturas médias anuais do ar para os 146 postos meteorológicos analisados em Pernambuco com indicação da faixa ótima para o cultivo do pinhão-mansão.

A Figura 22 apresenta as médias de precipitação pluviométrica (total anual) de dos 146 postos meteorológicos analisados em Pernambuco. Observa-se que a precipitação variou de 350 mm (na localidade de Pau Ferro em Petrolina) até 2.265 mm (em Rio Formoso). A grande variação no total de chuvas anual no Estado faz com que haja a existência de três zonas distintas de favorabilidade ao cultivo do pinhão-mansão. Conforme a exigência hídrica, em regiões tropicais essa oleaginosa desenvolve-se bem onde a precipitação anual esteja acima de 600 mm, sendo que o nível ideal de chuva para atingir altas produtividades estaria acima dos 1.000 mm anuais; com uma precipitação anual menor que 600 mm a produção é drasticamente afetada (HENNING, 1996; GONÇALVES & SENTELHAS, 2008). De acordo com as exigências hídricas da cultura das 146 localidades analisadas em Pernambuco, 42 apresentaram-se como inapta, 63 como restrita (por deficiência hídrica) e 41 como apta.

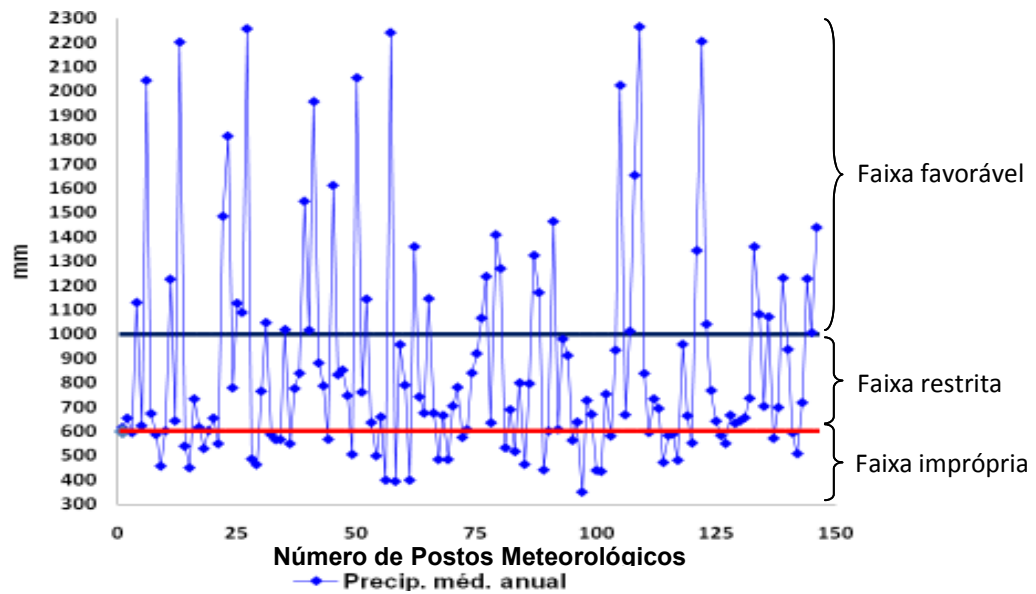


Figura 22 – Precipitações totais (anuais médias) para os 146 postos meteorológicos analisados em Pernambuco com indicação das faixas favorável, restrita e imprópria para o cultivo do pinhão-mansão.

A ampla favorabilidade térmica para o cultivo do pinhão-mansão, integrada às condições hídricas, resultaram no zoneamento agroclimático do pinhão-mansão para o Estado de Pernambuco (Figura 23). Observando-se a Figura 23, nota-se que o mapa do zoneamento agroclimático do pinhão-mansão em Pernambuco possui certa semelhança com o mapa das Mesorregiões do Estado. Este fato está provavelmente relacionado com a distribuição das chuvas dentro do Estado. Segundo Varejão-Silva e Cezar-Barros (2001) há um certo grau de incerteza na posição geográfica do traçado das linhas que separam as diferentes classes de aptidão climática, devido à distribuição espacial dos postos pluviométricos no Estado de Pernambuco, a qual ainda está bem aquém do desejável, deixando algumas áreas sem nenhuma informação, dificultando o traçado das linhas, ou seja, do limite das faixas de aptidão estimadas.

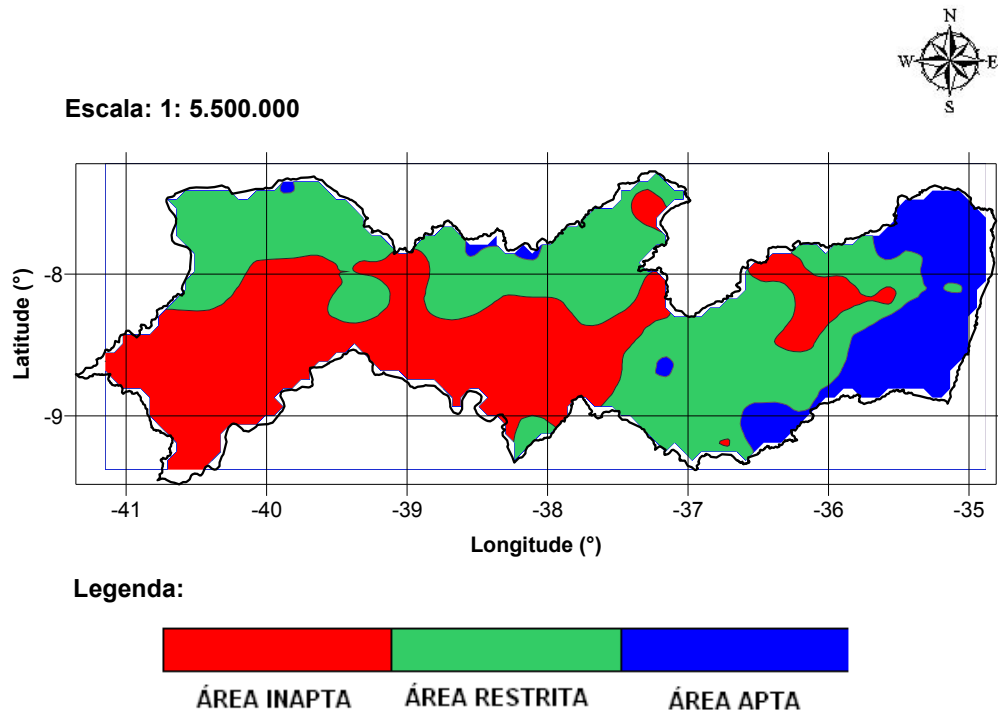


Figura 23 – Mapa do zoneamento agroclimático do pinhão-mansó em Pernambuco.

Ainda analisando a Figura 23, pode-se observar que as áreas aptas (que corresponde aproximadamente a 14,92% da área total do Estado) ao cultivo do pinhão-mansó estão presentes, em sua grande maioria, na Zona da Mata e no litoral Pernambucano, com poucas exceções de alguns Brejos de Altitude localizados no Agreste e Sertão. Essas regiões apresentam regime pluviométrico satisfatório (acima de 1.000 mm anuais) para que o pinhão-mansó consiga produzir como cultura de sequeiro. Essas áreas são consideradas aptas, pois apresentam temperatura e chuva necessárias para uma boa produtividade dessa cultura.

As Mesorregiões do Agreste e do Sertão, em grande maioria de extensão territorial, apresentam-se como regiões de aptidão restrita para o cultivo desta oleaginosa por não satisfazem todas as condições necessárias climaticamente para uma produção satisfatória do pinhão-mansó. Nessas regiões as chuvas anuais variam entre 600 e 1.000 mm, permitindo o cultivo da cultura, porém com restrições à produtividade como cultura de sequeiro. Toda essa região foi considerada marginal por deficiência hídrica. Gonçalves e Sentelhas (2008) recomendaram para essas regiões a utilização de irrigação suplementar, desde que seja economicamente viável. As áreas classificadas como restrita abrangem cerca de 44,26% da área total do Estado.

Foram classificadas como áreas inaptas ao cultivo do pinhão-mansão, como cultura de sequeiro, um total de 40,82%, distribuídos principalmente na Mesorregião do Sertão do São Francisco. Ainda apresentam-se como áreas inaptas uma parte da Microrregião do Vale do Ipojuca, no Agreste, bem como certa extensão das Microrregiões do Moxotó e Salgueiro e ainda uma pequena área ao Norte da Microrregião do Pajeú, sendo estas três últimas inseridas no Sertão Pernambucano. Essas regiões apresentam deficiência hídrica bastante acentuada e precipitações abaixo de 600 mm anuais. A baixa pluviosidade nestas regiões seria o único fator limitante para a produção do pinhão-mansão nestas regiões, porém esta questão poderá ser revertida utilizando-se tecnologias de irrigação. Neste ponto, a Mesorregião do São Francisco apresenta um grande potencial para implantação de projetos de irrigação (por ser banhada pelo rio São Francisco) visando o cultivo desta cultura, porém pesquisas deverão ser realizadas para investigar o grau de resposta do pinhão-mansão a irrigação e a viabilidade econômica e social de tal atividade.

Pode ser observado na Tabela 2 as zonas de aptidão climática ao cultivo do pinhão-mansão no Estado de Pernambuco com suas respectivas áreas em percentual.

Tabela 2 – Zonas de aptidão climática ao cultivo do pinhão-mansão no Estado de Pernambuco, com suas respectivas áreas em %.

Zona de Aptidão	Área (%)
Apta	14,92
Restrita por deficiência térmica	0,00
Restrita por deficiência hídrica	44,26
Restrita por deficiência térmica e hídrica	0,00
Inapta	40,82

5. CONCLUSÕES

Com base no Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite e Mather (1955), Pernambuco apresenta sete tipos de clima, desde úmido (B_3) em algumas localidades da Zona da Mata e Litoral a árido (E) em algumas cidades do Sertão do São Francisco.

Em se tratando do zoneamento agroclimático, das 146 localidades analisadas, Pernambuco apresentou 41 como aptas à produção pinhão-manso como cultura de sequeiro, totalizando uma área de 14,92%; 63 localidades foram classificadas como restrita ao cultivo da oleaginosa perfazendo uma área de 44,26%, tendo com zona de inaptidão um área com cerca de 40,82% abrangendo 42 localidades dentro do Estado.

Em se considerando os limites empregados no Brasil para definição da condição de aptidão hídrica para a cultura do pinhão-manso, qual seja, $P_{ma} > 1000$ mm, ficou evidenciado que as áreas aptas compreendem áreas que tradicionalmente são ocupadas com a cana-de-açúcar. Portanto, há de se realizar simulações com outros limites ancorados por dados observados no Estado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVAY, R.; MAGALHÃES, R. **O acesso dos agricultores familiares aos mercados de biodiesel: parcerias entre grandes empresas e movimentos sociais**. Londrina: AIEA2, 2007. Disponível em: <http://www.usp.br/feaecon/media/fck/File/Biodiesel_AIEA2_Portugues.pdf>. Acesso em 01 dez. 2010.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Zoneamento Agrícola**. Embrapa Meio-Norte. Teresina, [200-]. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/docs/Zoneamento_Agricola_PE.pdf>. Acesso em 14 de dezembro de 2010.

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

BELTRÃO, N. E. M.; MELO, F. B.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. **Mamona: árvore do conhecimento e sistemas de produção para o semi-árido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa-Algodão, 2003. 19 p. (Circular técnica, 70).

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília, DF, 1985. 364 p. (Documentos, 16).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 4, de 14 de janeiro de 2008. Autoriza a inscrição no Registro Nacional de Cultivares-RNC da espécie *Jatropha curcas* L. (Pinhão Manso), sem a exigência de mantenedor, com as informações constantes do anexo I. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 jan. 2008. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=18392>>. Acesso em: 01 dez. 2010.

BRASIL. Comissão Executiva Interministerial. **O Biodiesel**. Portal do Biodiesel. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/>>. Acesso em 10 dez. 2010.

CABRAL, J. J. P.; BRAGA, R. A. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPELLO, M. S. C.; LOPES FILHO, S. Recursos Hídricos e os Brejos de Altitude. In: **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: História Natural, Ecologia e Conservação**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2004. cap. 4, p. 31-48. (Série Biodiversidade, 9).

CARVALHO, L. G.; OLIVEIRA, M. S.; ALVES, M. C.; VIANELLO, R. L.; SEDIYAMA, G. C.; CASTRO NETO, P.; DANTAS, A. A. A. **Clima**. cap. 4, p. 89-102. [200-?] Disponível em: <http://www.zee.mg.gov.br/zee_externo/pdf/componentes_geofisico_biotico/4clima.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2010.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7, Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, 2, 1994, Belo Horizonte, **Anais...SBM**, p.154-157. 1994.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S.. Programa computacional para estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p. 140-147, 2006.

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

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; KRAUSE, W. Aptidão agroclimática do pinhão-manso na região de Tangará da Serra, MT. **Revista Ciência Agrônômica**, Ceará, v.41, n.3, p. 333-379, 2010.

DANGE, V.; SUTHAR, D.; REDDY, P. S. Biodiesel through *Jatropha curcas*: a critical analysis. In: SINGH, B.; SWAMINATHAN, R.; PONRAJ, V. (Eds.), Biodiesel Conference Towards Energy Independence. **Focus on Jatropha**, Índia, v.9, n.10, p. 31-36, June, 2006.

DIAS, G. L. S. **Um desafio novo: o biodiesel**. Estudos Avançados, 21 (59). p. 179-183, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a13v2159.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2010.

DIAS, L. A. dos S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI, A.; PEREIRA, O. L.; DIAS, D. C. F. S.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S. dos; SOUZA, L. C. A. de; OLIVEIRA, T. S. de; PRETTI, L. A. **Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) para a produção de óleo combustível**. Viçosa: UFV, 2007. 40 p.

DRUMOND, M. A.; ARRUDA, F. P.; BARBOSA DOS ANJOS, J. **Pinhão-manso – *Jatropha curcas* L.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. 15 p. (Documentos, 212).

DURÃES, F. O. M.; LAIOLA, B. G.; SUNDFELD, E.; MENDONÇA, S.; BRERING, L. L. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação em pinhão-manso para produção de biocombustíveis**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2009. 17 p. (Documentos, 01).

DURÃES, F. O.; LAVIOLA, B. G. **Pinhão Manso: Matéria-prima potencial para a produção de biodiesel no Brasil**. Embrapa Agroenergia, Brasília, 07 dez. 2009. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2009/ADM-1%20Pinhao-manso%20-%20matéria-prima%20potencial%20para%20producao%20de%20biodiesel%20no%20Brasil.doc>. Acesso em: 01 dez. 2010.

GANGOPADHYAYA, M.; URYVAEV, V. A.; OMAR, M. H.; NORDENSON, T. J.; HARBECK, G. E. **Measurement and estimation of evapotranspiration**. Geneva: World Meteorological Organization, 1966. (WMO Technical Note, 83).

GONÇALVES, M. B.; SENTELHAS, P. C. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso no estado da Bahia, objetivando a produção de biocombustível. In: UNESCO; MBC; RECYT Mercosul; CNPq; PETROBRAS. (Org.). **Biocombustíveis para o Mercosul**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2008. p. 121-140. v. 1.

HELLER, J. **Physic nut *Jatropha curcas* L.: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. 1 ed. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 60 p.

HENNING, R. K. **Combating desertification: the *Jatropha* Project of Mali, West África**. Arilands Newsletter: The CCD, Part I; Africa and the Mediterranean, n . 40, fall/winter, 1996. Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/OALS/ALN/aln40/aln40toc.html>>. Acesso em: 01 dez. 2010

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004. 200p.

ICRISAT – International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. **Climatic Classification: A Consultants' Meeting**. 14-16, April, 1980. ICRISAT Center, Patancheru, A.P. 502324, Índia, 1980. 153 p.

LACERDA, F.; FERREIRA, M. A. F.; SOUZA, W. M. Climas do Estado de Pernambuco. In: **Atlas de Bacias Hidrográficas de Pernambuco**. Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente. Recife, 2006. 104p.

LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A. C. **Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geotemática, Texto didático 8, 21p. 2002. Disponível em: <<http://omega.rc.unesp.br/mauricio/curso/bibliografia/8/216/Surfer.pdf>>. Acesso em 25 nov. 2010.

MAES, W. H.; TRABUCCO, A.; ACHTEN, W. M. J.; MUYS, B. Climatic growing conditions of *Jatropha curcas* L. **Biomass and Bioenergy**, Aberdeen, v. 33, p. 1481-1485. 2009.

MARTORANO, L. G. **Zoneamento agroecológico da quadrícula de Ribeirão Preto, SP, com base em características de solo, relevo e clima**. 1998. 77 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1998.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MEDEIROS, S. R. R. **Zoneamento agroclimático da flor tropical *Alpinia purpurata* no Estado de Pernambuco**. 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

MIRAGAYA, J. C. G. **Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil**. Belo Horizonte, v.26, p.7-13, 2005. (Informe Agropecuário, n. 229).

MOTA, F. S. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Nobel, 1983. 378 p.

NAPOLEÃO, B. A. **Biodiesel: alternativa econômica, social e ambiental para o Brasil**. Belo Horizonte, v.26, p.3-9, 2005. (Informe Agropecuário, n. 229)

NUNES, E. L.; AMORIM, R. C F.; SOUSA, W. G.; RIBEIRO, A.; SENNA, M. C. A.; LEAL, B. G. Zoneamento Agroclimático da Cultura do Café para a Bacia do Rio Doce. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 22, n. 03, p. 297-302, 2007.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1981. 440p.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass & Bioenergy**, Aberdeen, v. 19, n. 01, p. 1-15, 2000.

PAULINO, J. **Crescimento e qualidade de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) produzidas em ambiente protegido**. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

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

PENMAN, H. L. Evaporation: an introductory survey. **Netherland Journal of Agriculture Science**, Wageningen, v. 4, p. 9-29, 1956.

PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O. A. **Pinhão-Manso**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 7p.

ROSCOE, R. **Pinhão manso: cultura agrícola viável ou planta promissora?** 2007. Disponível em: <http://www.pinhaomanso.com.br/noticias/jatropha/pinhao_manso_cultura_agricola_viavel_planta_promissora_13_03_07.html>. Acesso: em 14 dez. 2010.

SAHOO, P. K.; DAS, L. M.; BABU, M. K. G.; ARORA, P.; SINGH, V. P.; KUMAR, N. R.; VARYANI, T. S. Comparative evaluation of performance and emission characteristics of jatropha, karanja and prolanga base biodiesel as fuel in a tractor engine. **Fuel**, Shanxi, v. 88, p. 1698-1707, mar. 2009. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/fuel>. Acesso em 01 de dez. 2010.

SANTOS, S.; JÚNIOR, E. J. F.; PIRES, B. NETTO, A. P. da C. Efeito e diferentes adubações no desenvolvimento inicial de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: 4º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. 2007. Varginha. **Anais...** Varginha, 2007. p. 547- 554.

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

SEDIYAMA, G. C. MELO JUNIOR, J. C. F.; SANTOS, A. R.; RIBEIRO, A. COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N.; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 09, n. 03, p. 501-509, 2001.

SENTELHAS, P. S.; ANGELOCCI, L. R. Balanço Hídrico: Climatológico Normal e Sequencial, de Cultura e para Manejo de Irrigação. In: **Aula 9, Meteorologia Agrícola, LCE-306, ESALQ/USP**. Piracicaba, [200-]. Disponível em: <<http://ce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula9.pdf>>. Acesso: 10 dez 2010.

SHARMA, N. The *Jatropha* experience: Andhra Pradesh. In: SINGH, B.; SWAMINATHAN, R.; PONRAJ, V. (Eds.). Biodiesel Conference Towards Energy Independence. **Focus on *Jatropha***, v. 9, n. 10, Índia, 2006, p. 9-15.

SILVA, T. G. F. **Zoneamento Agroclimático do Estado da Bahia para a Cultura da Atemóia (*Annona cherimola* Mill. x *Annona squamosa* L.)**. 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SILVA, M. T.; ARAÚJO, L. F.; FARIAS, G. C.; FUCK JÚNIOR, S. C. F.; AMARAL, J. A. B. **Zoneamento de Riscos Climáticos para a Cultura do Amendoim no Estado do Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 23p., 2008. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 30).

SUDENE. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste**. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, Recife, 1990 (Série Pluviometria 1 a 10).

TEIXEIRA, A. H. C.; AZEVEDO, P. V. Zoneamento agroclimático para a Videira europeia no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p.139-145, 1996.

TEIXEIRA, L. C. **Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel**. Belo Horizonte: EPAMIG, v. 26, p. 18-27, 2005. (Informe Agropecuário, n. 229).

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publication in Climatology, Laboratory of Climatology, Centerton, v. 8, n.1, 1955.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E. K.; SOUZA, L. A.; RESENDE, P. L.; SILVA, N. D. **Cultivo de pinhão manso para produção de biodiesel**. Viçosa, MG: CPT, 2007. 220 p.

TRZECIAK, M B; NEVES, M B; VINHOLES, P S; VILLELA, F A. **Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel**: Informativo ABRATES, Londrina, vol.18, nº.1,2,3 p.30-38, 2008.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília : INMET, Gráfica e Editora Pax, 2001. 532 p.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; CEZAR-BARROS, A. H. **Zoneamento de Aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos**. COTEC (Consultores Técnicos e Científicos) / Data agros – Informática & Informações Agrícolas / Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária de Pernambuco. Recife – PE, 2001.

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

WALDHEIM, P. V.; CARVALHO, V. S. B.; CORREA, E.; FRANÇA, J. R. A. Zoneamento Climático da Cana-de-Açúcar, da Laranja e do Algodão Herbáceo para a Região Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 29-2, p. 30-43, 2006.

7. ANEXOS

Anexo A – O pinhão-mansão



Figura 24 - Pinhão-mansão: 1) aos quatro meses após o plantio (1,30 m de altura) e 2) aos doze anos de idade (5,0 m de altura). Fonte: Drumond *et al.* (2008).



Figura 25 - Floração do pinhão-mansão aos três meses de idade. Fonte: Drumond *et al.* (2008).



Figura 26 - Fases de maturação dos frutos do pinhão-mansão. Fonte: Drumond *et al.* (2008).

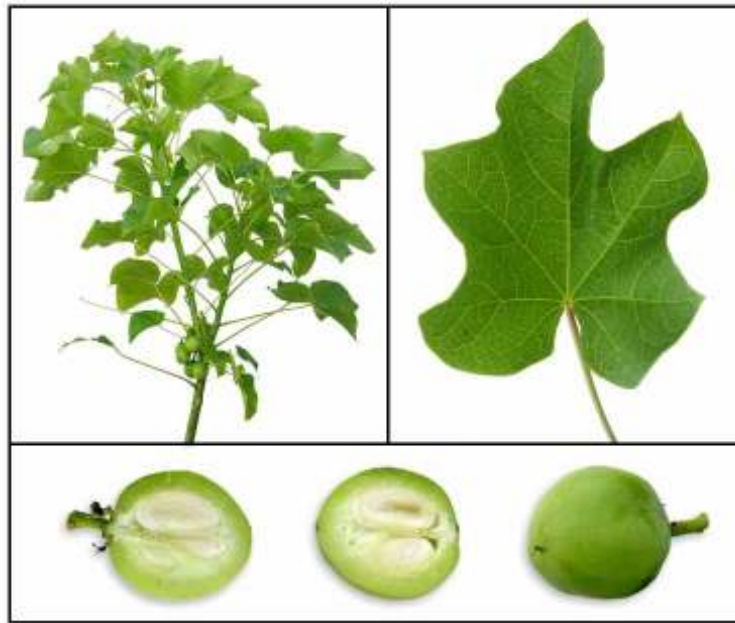


Figura 27 – Arbusto, folha, semente e fruto do pinhão-mansinho.
Fonte: <http://andreambiental.blogspot.com>



Figura 28 – Sementes de pinhão-mansinho. Fonte: Drummond *et al.* (2008).

Anexo B – Valores (em horas e décimos) do fotoperíodo representativo de cada mês para latitudes entre 5° Norte e 35° Sul. Fonte: Varejão-Silva (2001).

ϕ°	17/ JAN	16/ FEV	16/ MAR	15/ ABR	15/ MAI	11/ JUN	17/ JUL	16/ AGO	15/ SET	15/ OUT	14/ NOV	11/ DEZ
+ 5	11,8	12,0	12,1	12,3	12,4	12,5	12,5	12,4	12,2	12,0	11,9	11,8
+ 4	11,8	11,9	12,1	12,3	12,5	12,5	12,5	12,4	12,2	12,0	11,8	11,8
+ 3	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6	12,6	12,4	12,2	12,0	11,8	11,7
+ 2	11,7	11,9	12,1	12,4	12,6	12,7	12,6	12,5	12,2	12,0	11,8	11,6
+ 1	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,7	12,7	12,5	12,2	12,0	11,7	11,6
0	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
- 1	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,2	12,2	12,2
- 2	12,3	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0	12,1	12,1	12,2	12,2	12,3
- 3	12,3	12,2	12,2	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0	12,1	12,2	12,3	12,3
- 4	12,4	12,3	12,2	12,1	12,0	11,9	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4
- 5	12,4	12,3	12,2	12,0	11,9	11,9	11,9	12,0	12,1	12,2	12,4	12,4
- 6	12,5	12,3	12,2	12,0	11,9	11,8	11,8	11,9	12,1	12,3	12,4	12,5
- 7	12,5	12,4	12,2	12,0	11,8	11,7	11,8	11,9	12,1	12,3	12,5	12,5
- 8	12,6	12,4	12,2	12,0	11,8	11,7	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6
- 9	12,6	12,4	12,2	11,9	11,7	11,6	11,7	11,8	12,1	12,3	12,5	12,7
-10	12,7	12,5	12,2	11,9	11,7	11,6	11,6	11,8	12,1	12,3	12,6	12,7
-11	12,7	12,5	12,2	11,9	11,6	11,5	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,8
-12	12,8	12,5	12,2	11,9	11,6	11,5	11,5	11,7	12,1	12,4	12,7	12,8
-13	12,8	12,5	12,2	11,9	11,6	11,4	11,5	11,7	12,0	12,4	12,7	12,9
-14	12,9	12,6	12,2	11,8	11,5	11,3	11,4	11,7	12,0	12,4	12,8	13,0
-15	12,9	12,6	12,2	11,8	11,5	11,3	11,3	11,6	12,0	12,4	12,8	13,0
-16	13,0	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2	11,3	11,6	12,0	12,5	12,9	13,1
-17	13,0	12,7	12,2	11,8	11,4	11,2	11,2	11,6	12,0	12,5	12,9	13,1
-18	13,1	12,7	12,2	11,7	11,3	11,1	11,2	11,5	12,0	12,5	13,0	13,2
-19	13,2	12,7	12,2	11,7	11,3	11,0	11,1	11,5	12,0	12,5	13,0	13,3
-20	13,2	12,8	12,2	11,7	11,2	11,0	11,1	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3
-21	13,3	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9	11,0	11,4	12,0	12,6	13,1	13,4
-22	13,3	12,8	12,3	11,6	11,1	10,8	10,9	11,4	12,0	12,6	13,2	13,5
-23	13,4	12,9	12,3	11,6	11,0	10,8	10,9	11,3	12,0	12,6	13,2	13,5
-24	13,5	12,9	12,3	11,6	11,0	10,7	10,8	11,3	12,0	12,6	13,3	13,6
-25	13,5	12,9	12,3	11,6	10,9	10,6	10,7	11,3	11,9	12,7	13,3	13,7
-26	13,6	13,0	12,3	11,5	10,9	10,5	10,7	11,2	11,9	12,7	13,4	13,7
-27	13,6	13,0	12,3	11,5	10,8	10,5	10,6	11,2	11,9	12,7	13,4	13,8
-28	13,7	13,1	12,3	11,5	10,8	10,4	10,5	11,1	11,9	12,7	13,5	13,9
-29	13,8	13,1	12,3	11,4	10,7	10,3	10,5	11,1	11,9	12,8	13,5	14,0
-30	13,9	13,1	12,3	11,4	10,6	10,2	10,4	11,0	11,9	12,8	13,6	14,0
-31	13,9	13,2	12,3	11,4	10,6	10,2	10,3	11,0	11,9	12,8	13,7	14,1
-32	14,0	13,2	12,3	11,3	10,5	10,1	10,3	11,0	11,9	12,8	13,7	14,2
-33	14,1	13,3	12,3	11,3	10,5	10,0	10,2	10,9	11,9	12,9	13,8	14,3
-34	14,1	13,3	12,3	11,3	10,4	9,9	10,1	10,9	11,8	12,9	13,8	14,4
-35	14,2	13,4	12,3	11,3	10,3	9,8	10,0	10,8	11,8	12,9	13,9	14,4

Anexo C – Longitude (LON) e Latitude (LAT) em graus centesimais, altitude (ALT) em metros, precipitação anual média (P_{ma}) em mm, temperatura do ar anual média (T_{ma}) em °C, evapotranspiração potencial anual média (ETp) em mm, evapotranspiração real anual média (ETr) em mm e tipos climáticos (CLIMA) baseado no índice de umidade de thornthwaite e Mather (1955) dos 146 postos observados em Pernambuco.

LOCAL	LON	LAT	ALT	P_{ma}	T_{ma}	ETp	ETr	CLIMA
PAU FERRO/PETROLINA	-40,73	-8,95	385	350	25,8	1481,4	350,5	E
ICO/PETROLÂNDIA	-38,46	-8,86	290	399	26,2	1531,9	399,6	E
ITACURUBA	-38,71	-8,81	315	399	26,1	1522,8	399,5	E
INAJÁ	-37,83	-8,90	355	394	25,3	1420,8	394,1	E
PETROLINA	-40,50	-9,38	376	435	25,9	1504,2	435,6	E
PETROLÂNDIA	-38,30	-9,06	282	439	26,1	1511,7	1071,8	E
B. DE SÃO FRANCISCO	-38,96	-8,76	305	450	26,3	1543,0	450,3	E
OROCO	-39,60	-8,61	370	441	26,0	1509,6	441,1	E
CABROBO	-39,31	-8,50	350	486	26,2	1535,9	486,2	E
FLORESTA	-38,58	-8,60	317	505	26,4	1549,1	505,8	E
AFRÂNIO/ARIZONA	-40,96	-8,66	500	457	24,9	1358,6	457,5	D
JUAZEIRO	-38,16	-8,78	390	484	25,3	1415,5	484,8	D
MOXOTÓ	-37,53	-8,71	431	464	24,6	1317,8	464,7	D
MATIAS	-40,05	-8,18	400	532	25,9	1497,2	532,0	D
VERDEJANTE	-38,98	-7,91	455	508	25,3	1418,9	508,7	D
PARNAMIRIM	-39,56	-8,08	379	563	26,0	1514,9	563,3	D
CARNAUBEIRAS	-38,86	-8,43	350	566	26,0	1513,3	566,3	D
JUTAÍ/STª Mª DA B. VISTA	-40,23	-8,63	361	575	26,1	1525,3	575,5	D
BETÂNIA	-38,03	-8,28	431	529	25,0	1381,1	529,4	D
URIMAMÃ	-39,95	-8,43	350	593	26,3	1544,1	593,0	D
SERRITA	-39,31	-7,93	425	583	25,6	1460,1	583,4	D
SANTA CRUZ DO CAPIB.	-36,20	-7,95	472	472	23,4	1172,2	472,5	D
LAG. GRANDE/STª Mª B. VIST	-40,28	-8,98	365	607	26,0	1500,1	607,2	D
SALGUEIRO	-39,11	-8,06	415	595	25,6	1461,6	595,5	D
OURICURI	-40,07	-7,88	432	601	25,7	1466,3	601,5	D
DORMENTES	-40,78	-8,42	500	567	25,0	1372,3	567,8	D
SANTA CRUZ/OURICURI	-40,25	-8,26	489	583	25,2	1392,1	583,2	D
MODERNA	-37,41	-8,43	525	517	23,9	1224,7	517,2	D
SÃO CAETANO	-36,15	-8,31	552	481	22,7	1098,1	481,5	D
POÇO DA CRUZ/IBIMIRIM	-37,73	-8,50	450	581	24,7	1324,8	581,0	D
JATAUBA	-36,48	-7,96	600	484	22,7	1101,2	484,3	D
GRANITO	-39,61	-7,71	445	636	25,6	1437,6	636,1	D
BARRA DE SÃO PEDRO	-40,33	-7,22	444	643	25,6	1453,8	643,4	D
JATOBÁ	-40,30	-8,00	402	665	25,9	1495,3	665,6	D
CANTO PEDRAS/CABROB.	-39,61	-8,31	550	587	24,6	1321,1	587,8	D
GRAVATÁ	-35,56	-8,21	447	499	22,9	1117,9	499,2	D
BODOCÓ	-39,93	-7,80	440	654	25,6	1457,6	654,9	D
BARRIGUDA	-35,86	-8,10	400	539	23,6	1189,2	539,7	D
SERRA TALHADA	-38,30	-7,98	435	642	25,2	1404,0	642,1	D
CARNAUBEIRA	-38,88	-8,01	620	566	24,0	1234,8	566,1	D
TERRA NOVA	-39,38	-8,21	355	703	26,2	1533,5	703,8	D
TORITAMA	-36,06	-8,01	376	571	24,0	1234,9	571,1	D
SÃO JOSÉ DO EGITO	-37,28	-7,46	575	552	23,6	1188,8	552,0	D
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	-38,78	-7,86	460	664	25,2	1407,4	664,3	D
SERTÂNIA	-37,26	-8,08	605	550	23,3	1155,3	550,7	D
CACHOEIRINHA	-36,23	-8,48	780	463	21,0	963,9	463,0	D

TRINDADE	-40,25	-7,75	450	698	25,6	1451,2	698,9	D
MIRANDIBA	-38,73	-8,11	425	689	25,4	1432,1	689,9	D
AFOGADOS DA INGAZEIRA	-37,65	-7,75	525	615	24,2	1259,5	615,3	D
AFRÂNIO/CACH. do ROBERTO	-41,15	-8,63	630	602	23,8	1219,5	602,9	D
ÁGUAS BELAS	-37,11	-9,11	376	654	24,5	1313,2	654,4	D
CARUARU	-35,96	-8,28	545	549	22,7	1102,7	549,7	D
BENGALAS	-35,48	-8,01	290	616	24,0	1234,5	616,6	D
SÍTIO DOS NUNES	-37,85	-8,06	561	633	24,0	1234,8	633,3	D
BOM CONSELHO	-36,68	-9,16	654	549	22,0	1045,7	549,1	D
MANARI	-37,63	-8,98	559	635	23,5	1188,5	635,9	D
ARCOVERDE	-37,06	-8,43	663	587	22,6	1090,3	667,7	D
ARARIPINA	-40,56	-7,55	620	673	24,1	1256,1	587,3	D
BEZERROS	-35,75	-8,23	471	603	22,9	1117,0	603,9	D
SURUBIM	-35,75	-7,80	380	643	23,6	1188,5	643,7	D
ALTINHO	-36,08	-8,48	470	623	23,2	1149,4	623,0	D
FLORES	-37,98	-7,85	460	747	24,9	1354,4	747,8	D
SÃO BENTO DO UNA	-36,36	-8,51	645	589	22,1	1048,8	589,3	D
QUATI	-36,76	-9,11	487	668	23,4	1176,1	668,6	D
PASSAGEM DO TÓ	-36,51	-8,10	580	638	22,9	1115,8	638,6	D
JABITACA	-37,38	-7,83	595	675	23,5	1175,7	664,2	D
SÍTIO DOS MOREIRAS	-39,55	-7,73	750	666	23,1	1136,0	666,6	D
PANELAS	-36,03	-8,66	620	608	21,9	1034,8	608,0	D
ALAGOINHA	-36,81	-8,48	762	594	21,6	1010,2	594,1	D
ITAIBA	-37,43	-8,95	470	742	24,1	1256,3	742,3	D
MORENO	-35,08	-8,11	96	799	24,9	1349,3	799,0	D
VERTENTES	-35,98	-7,91	401	718	23,7	1208,9	718,4	D
TACAIMBÓ	-36,30	-8,31	570	656	22,7	1098,9	656,8	D
TACARATU	-38,15	-9,10	550	736	23,9	1228,2	736,5	D
PESQUEIRA	-36,70	-8,36	650	670	22,7	1100,8	670,8	D
EXU	-39,71	-7,51	510	833	25,1	1381,1	816,7	D
ITAPETIM	-37,18	-7,36	630	675	23,1	1136,3	644,5	D
IBIRAJUBA	-36,18	-8,58	640	659	22,0	1037,6	659,4	D
CUSTÓDIA	-37,65	-8,10	542	787	24,0	1237,3	787,2	D
CEDRO	-39,33	-7,71	610	776	24,2	1261,4	720,7	D
SANHARÓ	-36,56	-8,36	653	694	22,3	1063,2	694,1	D
SALGADINHO	-35,66	-7,93	270	838	24,4	1282,8	838,6	D
PEDRA	-36,96	-8,50	660	727	22,5	1083,8	727,3	C1
BELO JARDIM	-36,45	-8,33	616	733	22,5	1079,3	733,5	C1
LIMOEIRO	-35,46	-7,86	138	920	25,1	1383,6	879,8	C1
IRAJÁ/IGUARACI	-37,51	-7,91	585	790	23,6	1193,7	715,3	C1
FEITORIA	-40,10	-7,53	605	852	24,3	1276,2	760,6	C1
JUCATÍ	-36,45	-8,70	821	704	20,8	952,1	704,0	C1
BREJO DA MAD. DE DEUS	-36,38	-8,15	646	779	22,2	1058,8	751,1	C1
SERRA DOS VENTOS	-36,36	-8,23	684	768	21,9	1032,6	733,3	C1
VITÓRIA DE STº ANTÃO	-35,30	-8,11	137	1006	24,8	1344,9	942,6	C1
IPUBI	-40,13	-7,65	560	957	24,7	1325,9	809,5	C1
JUREMA	-36,13	-8,71	640	781	21,9	1030,0	711,2	C1
SALOA	-36,66	-8,95	850	733	20,6	942,8	693,8	C1

- CONTINUAÇÃO DO ANEXO 3 -

CUMARU	-35,70	-8,01	395	881	23,5	1177,0	771,4	C ₁
POMBOS	-35,38	-8,15	290	934	23,8	1216,6	845,5	C ₁
CAETÉS	-36,63	-8,78	854	765	20,6	943,0	724,7	C ₁
CARPINA	-35,25	-7,85	184	1018	24,5	1302,0	876,5	C ₁
LAJEDO	-36,31	-8,66	663	840	21,9	1031,8	769,4	C ₁
ALIANÇA	-35,20	-7,58	60	1130	25,4	1427,7	977,8	C ₁
TIMBAUBA	-35,31	-7,51	190	1071	24,6	1310,6	953,1	C ₁
CAIÇARA/SERRA TALHADA	-38,56	-7,85	550	1047	24,4	1293,6	896,3	C ₁
MUQUÉM	-36,60	-8,10	830	796	21,0	966,0	684,4	C ₁
BUENOS AIRES	-35,36	-7,78	150	1127	24,9	1356,8	973,1	C ₁
GARANHUNS	-36,48	-8,86	866	761	20,2	915,1	648,3	C ₁
ITAQUITINGA	-35,10	-7,66	80	1146	25,1	1383,2	952,7	C ₁
POÇÃO	-36,70	-8,18	1035	753	19,5	875,2	662,8	C ₁
TUPANATINGA	-37,35	-8,75	709	937	22,3	1067,7	830,7	C ₁
NAZARÉ DA MATA	-35,23	-7,73	75	1171	25,0	1367,1	981,8	C ₁
CIMBRES/PESQUEIRA	-36,85	-8,35	850	839	21,0	963,5	720,5	C ₁
SERRA DAS TABOCAS/EXU	-39,85	-7,41	650	1041	23,9	1227,0	849,1	C ₁
VICÊNCIA	-35,31	-7,66	90	1228	25,3	1414,2	1023,1	C ₁
SÃO JOAQUIM DO MONTE	-35,85	-8,41	501	958	22,7	1104,8	782,6	C ₁
GLÓRIA DO GOITÁ	-35,30	-8,00	200	1144	24,4	1289,1	970,5	C ₁
MACAPARANA	-35,45	-7,55	350	1066	23,6	1189,5	910,6	C ₁
CORRENTES	-36,33	-9,11	391	1016	23,1	1147,2	796,1	C ₂
QUIPAPÁ	-36,05	-8,81	480	1012	22,9	1123,8	813,7	C ₂
MATARI/GOIANA	-35,13	-7,66	80	1270	25,1	1387,4	1005,2	C ₂
PARANATANA	-36,66	-8,91	830	912	20,8	951,9	777,4	C ₂
MUSSUREPE/US.PAUDALHO	-35,13	-7,90	70	1324	25,1	1393,6	1064,2	C ₂
PAQUEVIRA	-36,11	-8,91	623	980	21,9	1031,3	736,7	C ₂
SÃO LOURENÇO DA MATA	-35,05	-8,00	70	1344	25,0	1376,5	1001,0	C ₂
MACHADOS	-35,51	-7,68	320	1237	23,8	1219,0	942,1	C ₂
PALMARES	-35,60	-8,68	109	1464	25,2	1409,0	1058,0	C ₂
BUIQUE	-37,16	-8,61	798	1089	21,5	1006,0	829,3	C ₂
ITAMBÉ	-35,11	-7,41	190	1360	24,3	1276,9	977,7	C ₂
TAMBÉ	-35,12	-7,42	190	1360	24,3	1276,9	977,7	C ₂
BARRA DE GUABIRABA	-35,66	-8,41	440	1226	23,0	1127,6	901,3	C ₂
XEXÉU	-35,61	-8,81	200	1439	24,5	1304,2	1054,9	C ₂
TAQUARITINGA DO NORTE	-36,06	-7,90	785	1082	20,9	958,8	773,3	B ₁
CONDADO	-35,10	-7,58	95	1547	25,0	1368,3	1100,1	B ₁
RECIFE/CAXANGÁ	-34,88	-8,03	4	1654	25,6	1456,6	1111,4	B ₁
MARAIAL	-35,83	-8,80	360	1409	23,6	1194,5	1003,2	B ₁
ESCADA	-35,23	-8,36	93	1612	25,0	1370,5	1102,3	B ₁
BOM JARDIM	-35,58	-7,80	325	1485	23,9	1223,8	1016,2	B ₁

- CONTINUAÇÃO DO ANEXO 3 -

TRIUNFO	-38,11	-7,83	1010	1231	21,0	970,3	803,3	B ₁
GAMELEIRA	-35,38	-8,58	101	2055	25,1	1381,5	1190,2	B ₂
PRIMAVERA	-35,35	-8,35	156	2024	24,7	1329,1	1164,8	B ₂
BARREIROS	-35,20	-8,83	23	2202	25,3	1418,8	1240,8	B ₃
CABO	-35,03	-8,30	30	2257	25,2	1404,2	1249,2	B ₃
IGARASSÚ	-34,90	-7,83	22	2241	25,2	1399,6	1196,1	B ₃
SERINHAEM	-35,11	-8,58	49	2205	25,1	1384,5	1138,9	B ₃
RIO FORMOSO	-35,15	-8,66	39	2265	25,1	1397,0	1212,9	B ₃
CORTÊS	-35,55	-8,46	340	1957	23,6	1190,2	1052,8	B ₃
AMARAJÍ	-35,45	-8,38	295	2044	23,8	1216,3	1121,5	B ₃
BREJÃO	-36,50	-9,05	620	1815	22,2	1060,7	932,5	B ₃

- CONTINUAÇÃO DO ANEXO 3 -