



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

MET-UFAL-MS/020

**CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE CULTIVO EM ALAGOAS:
ANÁLISE TEMPORAL E ESPACIAL**

ADRIANA DE HOLANDA CARDIM

Dissertação apresentada ao Departamento de Meteorologia/CCEN/UFAL, para obtenção do título de **Mestre em Meteorologia** – Área de concentração em **Processos de Superfície Terrestre**.

Maceió-AL
2003



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

N.º de ordem: MET - UFAL - MS/020

CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE CULTIVO EM ALAGOAS:
ANÁLISE TEMPORAL E ESPACIAL

Por

ADRIANA DE HOLANDA CARDIM

Orientador: **JOSÉ LEONALDO DE SOUZA**
Doutor em Agronomia

Maceió - AL

2003

**Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico**

C267c Cardim, Adriana de Holanda
Caracterização da estação de cultivo em Alagoas: análise temporal e espacial
/ Adriana de Holanda Cardim - Maceió, 2003
ix, 104f : il.

Orientador: José Leonaldo de Souza
Dissertação (mestrado em Meteorologia: Processos de Superfície Terrestre) -
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Exatas e Naturais. Depar-
tamento de Meteorologia. Maceió, 2003.

Bibliografia: f. 99-104

1 Meteorologia agrícola - Maceió (AL). 2. Agroclimatologia. 3. Zonas
agroclimáticas - Maceió (AL). 4. Cultivos I. Título.

CDU: 551.5(813.5)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE CULTIVO EM ALAGOAS: ANÁLISE
TEMPORAL E ESPACIAL

ADRIANA DE HOLANDA CARDIM

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia. Nº de ordem: MET -UFAL - MS - 020

Aprovada pela banca examinadora composta por:

Prof. Dr. José Leonaldo de Souza
(Orientador)

Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva

Prof. Dra. Helene Ferreira da Silva

Maceió - AL
Outubro - 2003

Aos meus pais, *Antonio Moreira Cardim e Ivanilda de Holanda Cardim*, a meu filho *Lucas de Holanda Cardim Cavalcanti* e minha avó *Osvaldina César de Holanda* (in memorian).

DEDICO

Ao meu amado filho *Lucas de Holanda Cardim Cavalcanti*.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre presente e me conduzir nos momentos difíceis em que pensei em desistir devido à ausência de meu filho.

Aos meus pais Antonio Moreira Cardim e Ivanilda de Holanda Cardim meus principais e maiores incentivadores.

A meu filho Lucas de Holanda Cardim Cavalcanti maior presente que Deus me concedeu para eu cultivar no jardim da Terra, mamãe ama muito você.

As minhas irmãs Hilda Mara de Holanda Cardim, Denise de Holanda Cardim, Mirian de Holanda Cardim e Vivian de Holanda Cardim e minha querida sobrinha Aline de Holanda Cardim.

Ao meu orientador Professor Doutor José Leonaldo de Souza pela orientação acadêmica, atenção, empenho, dedicação e principalmente paciência na realização deste trabalho, meu profundo agradecimento.

Aos professores da banca examinadora, Bernardo Barbosa da Silva e Heliene Ferreira da Silva, pelas correções, sugestões e informações apresentadas.

Ao professor Ricardo Sarmento Tenório por tudo que fez por mim durante minha gravidez e também por ter cedido um computador do laboratório de informática do SISMAL para eu poder dar continuidade ao meu trabalho.

Ao professor Manoel da Rocha Toledo Filho por sua contribuição no desenvolver da dissertação.

Aos doutores Edna Melo e Francisco Mamede, anjos que surgiram na fase mais importante da minha vida.

Ao colega Welliam Chaves Monteiro da Silva pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho

Ao meu "professor" de SURFER, Paulo Ricardo Teixeira da Silva, obrigada pela paciência e atenção nas horas de ansiedade.

Ao professor José de Lima Filho por ter me recebido em sua residência.

Aos colegas do Laboratório de Radiometria Solar, Erisson Cavalcante Amorim, Eduardo Rebêlo Gonçalves, Priscila da Silva Tavares, Joaquim Louro da Silva Neto, José Edmilson Deodato de Brito e Alessandro Cláudio dos Santos Almeida

À coordenação do Curso de Mestrado em Processos de Superfície Terrestre pelo apoio durante a realização do curso.

A todos os professores do Departamento de Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas pelos conhecimentos transmitidos no decorrer do curso

A CAPES, Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela ajuda financeira na realização do curso.

Aos professores da Universidade Federal do Pará, Hernani José Brazão Rodrigues, Dimitrie Nechet e Midori Makino que me incentivaram para a pós-graduação.

A dona Anageli Alves Fragoso, por sua atenção, carinho e bondade.

A Cláudia Cristina da Silva Alapenha pela solidariedade nos momentos angustiantes.

Aos colegas da turma de mestrado 2001, em especial, a Marcia Cristina da Silva Moraes, Hélio Fabio Barros Gomes, José Gino Oliveira e Iêdo Teodoro pela amizade e colaboração.

Ao meu amigo e irmão Érikson Amorim dos Santos pela maravilhosa amizade que construímos.

Aos amigos Elizabete Alves Ferreira, Mauro Mendonça da Silva, Zilurdes Fonseca Lopes, Leila do Socorro Monteiro Leal, Lindomar Medeiros da Silva e Gláucia Miranda Lopes.

A todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização e concretização deste trabalho.

Não perca seu equilíbrio interno.

Por maior que seja a tempestade que o envolve, não perca seu equilíbrio.

Todas as tempestades passam.

E se soubermos recebê-las com serenidade, nenhum mal nos causarão.

Jesus dormia no fundo da barca...

Quando os discípulos o chamaram, nervosos, ele acalmou tudo.

Faça o mesmo

Recorra ao Mestre Divino, para que as tempestades se acalmem a seu lado.

Carlos Torres Pastorino

Minutos de Sabedoria

SUMÁRIO

	Pg.
1.0 - INTRODUÇÃO	1
2.0 - REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 - Clima e agricultura	3
2.2 - Estação de cultivo	4
2.3 - Considerações gerais sobre as culturas agrícolas	5
2.4 - Exigências climáticas das culturas agrícolas	7
2.4.1 - Exigências térmicas	7
2.4.2 - Exigências hídricas	10
2.4.3 - Evapotranspiração potencial	13
3.0 - MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 - Localização das regiões estudadas e dados meteorológicos	14
3.2 - Avaliação da estação de cultivo	16
4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 - Probabilidade de ocorrência de precipitação em regiões de Alagoas com base na técnica dos percentis	20
4.2 - Início e final da estação de cultivo	23
4.2.1 - Método médio	23
4.2.2 - Método da precipitação provável de 20 mm	28
4.2.3 - Método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração	40
4.3 - Duração da estação de cultivo	45
4.3.1 - Método médio	45
4.3.2 - Método da precipitação provável de 20 mm	51
4.3.3 - Método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração	51

4.4 - Variação da estação de cultivo	51
4.5 - Avaliação entre os três métodos	59
4.6 - Precipitação média anual	59
4.7 - Precipitação anual referente aos percentis 25, 50 e 75 para o período de 1913 a 1985	65
4.8 - Precipitação anual referente aos percentis 25, 50 e 75 para o período de 1913 a 1959	72
4.9 - Precipitação anual referente aos percentis 25, 50 e 75 para o período de 1960 a 1985	72
4.10 - Precipitação total média da estação de cultivo	72
4.10.1 - Método médio	72
4.10.2 - Método da precipitação provável de 20 mm	85
4.10.3 - Método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração	85
4.11 - Análise agroclimática das culturas agrícolas	94
4.11.1 - Relação do ciclo de cultivo das culturas agrícolas com o comprimento da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1913 a 1985	94
4.11.2 - Relação da disponibilidade hídrica com a necessidade hídrica do período vegetativo das culturas agrícolas referente ao método médio para o período de 1913 a 1985	95
4.11.3 - Relação do ciclo de cultivo das culturas agrícolas com o comprimento da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1913 a 1985	95
4.11.4 - Relação da disponibilidade hídrica com a necessidade hídrica do período vegetativo das culturas agrícolas referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1913 a 1985	96
5 - CONCLUSÕES	97
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

LISTA DE TABELAS

	Pg.
1 Regiões e localidades com suas respectivas coordenadas geográficas e período de observação	17
2 Local, data de início (DI) e final (DF), duração (DUR) e variação (VAR) de dias da estação de cultivo nas regiões Sertão (▲), Litoral (●), Agreste (◆) e Zona da Mata (■) de Alagoas para os períodos 1913-1985 (P1), 1913-1959 (P2) e 1960-1985 (P3)	63
3 Local, precipitação média anual e precipitação anual mínima, média e máxima esperada a 25 %, 50 % e 75 % de probabilidade nas regiões Sertão, Litoral, Agreste e Zona da Mata de Alagoas para os períodos 1913-1985 (P1), 1913-1959 (P2) e 1960-1985 (P3)	79
4 Local e precipitação total média da estação de cultivo nas regiões Sertão, Litoral, Agreste e Zona da Mata de Alagoas para os períodos 1913-1985 (P1), 1913-1959 (P2) e 1960-1985 (P3)	93

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
1 Localização das regiões geográficas no estado de Alagoas	14
2 Localização das áreas de estudo no estado de Alagoas	15
3 Distribuição dos totais decendiais de precipitação pluvial esperados a 25 %, 50 % e 75% de probabilidade para as localidades de Água Branca (a), Canapi (b), Delmiro Gouveia (c), Olho D'Água do Casado (d), Major Isidoro (e), Mata Grande (f), Pão de Açúcar (g), Piranhas (h), Poço das Trincheiras (i) e Traipu (j) no Sertão de Alagoas	21
4 Distribuição dos totais decendiais de precipitação pluvial esperados a 25 %, 50 % e 75% de probabilidade para as localidades de Coruripe (a), Passo de Camaragibe (b), Maragogi (c), Porto de Pedras (d), Piaçabuçu (e), Maceió (f), São Miguel dos Campos (g), Penedo (h) e Santa Luzia do Norte (i) no Litoral de Alagoas	22
5 Distribuição dos totais decendiais de precipitação pluvial esperados a 25 %, 50 % e 75% de probabilidade para as localidades de Anadia (a), Atalaia (b), Capela (c), Colônia Leopoldina (d), Flexeiras (e), Rio Largo (f), Junqueiro (g), Santana do Mundaú (h), Matriz de Camaragibe (i), São Luiz do Quitunde (j), União dos Palmares (k) e Viçosa (l) na Zona da Mata de Alagoas	24
6 Distribuição dos totais decendiais de precipitação pluvial esperados a 25 %, 50 % e 75% de probabilidade para as localidades de Limoeiro de Anadia (a), Mar Vermelho (b), Quebrangulo (c), Palmeira dos Índios (d) e Porto Real do Colégio (e) no Agreste de Alagoas	25
7 Início da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1913 a 1985	26
8 Final da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1913 a 1985	27

9 Início da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1913 a 1959	29
10 Final da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1913 a 1959	30
11 Início da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1960 a 1985	31
12 Final da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1960 a 1985	32
13 Início da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1913 a 1985	33
14 Final da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1913 a 1985	34
15 Início da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1913 a 1959	36
16 Final da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1913 a 1959	37
17 Início da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1960 a 1985	38
18 Final da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1960 a 1985	39
19 Início da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1913 a 1985	41
20 Final da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1913 a 1985	42
21 Início da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1913 a 1959	43
22 Final da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1913 a 1959	44
23 Início da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1960 a 1985	46
24 Final da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1960 a 1985	47
25 Duração da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1913 a 1985	48

26 Duração da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1913 a 1959	49
27 Duração da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1960 a 1985	50
28 Duração da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1913 a 1985	52
29 Duração da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1913 a 1959	53
30 Duração da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1960 a 1985	54
31 Duração da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1913 a 1985	55
32 Duração da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1913 a 1959	56
33 Duração da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1960 a 1985	57
34 Variação da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1913 a 1985	58
35 Variação da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1913 a 1959	60
36 Variação da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1960 a 1959	61
37 Precipitação média anual referente ao período de 1913 a 1985	66
38 Precipitação média anual referente ao período de 1913 a 1959	67
39 Precipitação média anual referente ao período de 1960 a 1985	68
40 Precipitação anual mínima esperada a 25 % para o período de 1913 a 1985	69
41 Precipitação anual referente ao percentil 50 (mediana) para o período de 1913 a 1985	70
42 Precipitação anual máxima esperada a 75 % para o período de 1913 a 1985	71
43 Precipitação anual mínima esperada a 25 % para o período de 1913 a 1959	73
44 Precipitação anual referente ao percentil 50 (mediana) para o período de 1913 a 1959	74
45 Precipitação anual máxima esperada a 75 % para o período de 1913 a 1959	75
46 Precipitação anual mínima esperada a 25 % para o período de 1960 a 1985	76

47	Precipitação anual referente ao percentil 50 (mediana) para o período de 1960 a 1985	77
48	Precipitação anual máxima esperada a 75 % para o período de 1960 a 1985	78
49	Precipitação total média da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1913 a 1985	83
50	Precipitação total média da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1913 a 1959	84
51	Precipitação total média da estação de cultivo referente ao método médio para o período de 1960 a 1985	86
52	Precipitação total média da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1913 a 1985	87
53	Precipitação total média da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1913 a 1959	88
54	Precipitação total média da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável de 20 mm para o período de 1960 a 1985	89
55	Precipitação total média da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1913 a 1985	90
56	Precipitação total média da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1913 a 1959	91
57	Precipitação total da estação de cultivo referente ao método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração para o período de 1960 a 1985	92

RESUMO

CARDIM, Adriana de Holanda. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE CULTIVO EM ALAGOAS: ANÁLISE TEMPORAL E ESPACIAL. Orientador: Prof. Dr. José Leonaldo de Souza. Maceió-AL: UFAL, 2003. Dissertação (Mestrado em Meteorologia).

A agroclimatologia de uma região é determinante para o estabelecimento ou desenvolvimento de atividades econômicas do setor agropecuário. O Nordeste brasileiro localizado entre 01°S a 18°S e 35°W a 47°W apresenta temperaturas elevadas o ano inteiro contrastando com a grande variabilidade espacial e temporal das chuvas. Por conta disso, foi realizado uma pesquisa com o objetivo de determinar a ocorrência de precipitação pluvial decendial a 25 %, 50 % e 75 % de probabilidade utilizando a técnica dos percentis e as características da estação de cultivo no estado de Alagoas através de três métodos; método médio (média da precipitação pluvial), método da precipitação provável de 20 mm e método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração, bem como relacionar essas características com o ciclo produtivo e as necessidades hídricas de culturas agrícolas. Os dados de precipitação pluvial utilizados neste trabalho foram obtidos no período de 1913 a 1985 para trinta e seis municípios alagoanos nas microrregiões climáticas do Sertão, Litoral, Zona da Mata e Agreste através de um software de mapeamento de superfície (Surfer 6.0). Os resultados obtidos indicam que dentre as localidades do Sertão destacam-se Água Branca, Mata Grande e Traipu como as que apresentaram período com chuva provável decendial de 20 mm a 75 % de probabilidade. Todas as localidades das regiões Litoral, Zona da Mata e Agreste apresentaram período decendial com chuva provável a 75 % de probabilidade. Observou-se que, a análise da estação de cultivo mais adequada, foi a que utilizou toda a série climatológica (1913 a 1985), tendo em vista ser uma amostra mais representativa da climatologia das regiões. O método mais adequado para definição das características da estação de cultivo é o que considera a chuva provável decendial a 75 % de probabilidade mais a evapotranspiração, visto que o risco de início falso do período chuvoso é minimizado. A relação entre a necessidade hídrica média das culturas (feijão, milho, algodão e soja) com a disponibilidade hídrica regional média ajustou-se para todas as regiões de Alagoas, porém levando-se em consideração a probabilidade de 75 %, as regiões depois do Agreste (centro do Estado) para o Oeste (Sertão) não mostraram características definidas da estação de crescimento, ou seja, o cultivo agrícola de sequeiro ocorre com 25 % de probabilidade.

Palavras-chave: agroclimatologia, estação de cultivo, zoneamento agroclimático.

ABSTRACT

CARDIM, Adriana de Holanda. Characterization of the station of cultivation in Alagoas: temporary and space analysis. Advisor. Prof. Dr José Leonaldo de Souza. Maceió-AL: MET, UFAL, 2003. Dissertação (Mestrado in Meteorology).

The study of agroclimatological aspects of a given region is fundamental for the establishment and development of economical activities of the agricultural sector. The Brazilian Northeast located between the 01°S to 18°S and 35°W to 47°W presents high temperature along the whole year in contrast with the great temporal and spatial variability of the rains. The objective of this research is to determine the occurrence of pluvial and decennial precipitation for 25 %, 50 % and 75 % of probability using the method of percentis and relating the characteristics of the cultivation station in the state of *Alagoas*. Three methods were selected to accomplish the objective; the medium (the pluvial mean precipitation) method, the probable precipitation of 20 mm and the method of probable precipitation to 75 % of probability and evapotranspiration. Another aim of this study is to relate those characteristics with the productive cycle and the hydric demands of the cultures. The pluvial precipitation data analysed in this work were obtained during the period of 1913 to 1985 along 36 cities of Alagoas distributed in climatic microzones (Country, Coast, Forest and Rural). The results indicate that the places of the Country they stand out *Água Branca*, *Mata Grande* and *Traipu* as presenting period raining periods with the probable decennial of 20 mm to 75 % of probability. The cities of the Coast, Forest Zone and Rural present the decennial period with probable rain to 75 % of probability. The analysis of the most representative cultivation station, was the one with a completed period of climatological data series (1913 to 1985). It tends to be the most significant sample of the climatology for the studied region. The most suitable method for defining the characteristics of the cultivation station is the one that considers the probable decennial rain with 75% of more probability of the evapotranspiration, because the risk of raining at the begin of the period is minimized. The relationship between the demand mean hydric of the cultures (bean, corn, cotton and soy) with the mean hydric regional reserve was adjusted for all the areas. However the 75% of probability considered for some country west areas of alagoas have not showed defined characteristics of grow station, that is, the agro-cultivation under rainfed condition occurs with 25% of probability.

Word-key: agroclimatology, cultivation station, zoning agroclimatical.

1.0 - INTRODUÇÃO

A região Nordeste está localizada aproximadamente entre 01°S a 18°S e 35°W a 47°W. Sob o ponto de vista climático, apresenta temperaturas elevadas o ano inteiro contrastando com a grande variabilidade espacial e temporal das chuvas.

A agricultura é uma atividade que apresenta uma interação importante, quando influenciada pelas condições do meio ambiente. A influência das condições meteorológicas sobre os cultivos se estende desde antes do plantio até a colheita, visto que é semeado e cultivado em função das estações do ano, das chuvas, do fotoperíodo, entre outros. Devido a isso os elementos meteorológicos têm uma influência significativa na produção das culturas.

As características do regime hídrico, principalmente em regiões tropicais, determinam a maioria das atividades humanas, notadamente agrícolas, sendo que essas características são determinadas tanto em termos da oferta de água através da precipitação pluvial quanto pela perda por evapotranspiração. O principal fator limitante da produtividade das culturas agrícolas é a precipitação pluvial, que devido à sua irregularidade provoca deficiências de água no solo. A agricultura nesta região é fundamentalmente dependente das variações climáticas sazonais, tornando a produtividade das culturas altamente dependente dessas variações.

A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos mais importantes para o meio ambiente, em especial na atividade agrícola, onde possui influência no desenvolvimento e no crescimento dos vegetais. As chuvas, quando não são bem distribuídas, podem acarretar danos de grandes dimensões nas áreas de engenharia, turismo, educação, energia, transporte e na área agrícola, afetando o bom desempenho da produtividade das culturas e das criações (Nechet et al., 1998).

O efeito mais sensível da irregularidade pluviométrica ao longo do tempo e do espaço incide na atividade agrícola. Assim, diante da relação de dependência existente entre as chuvas e a atividade agrícola, o estudo da distribuição das precipitações ao longo do espaço e do tempo é de grande relevância para o desenvolvimento da agricultura no Estado,

tornando-se elemento indispensável na tomada de decisões e no planejamento de tal atividade. Além disso, diante da irregularidade das precipitações, faz-se necessário um planejamento de irrigação que venha atender à demanda hídrica das culturas.

O conhecimento da relação entre a estação de cultivo e necessidades hídricas das culturas, com as condições climáticas de cada região, contribuirá para uma melhor exploração do potencial agrícola das regiões.

Um dos principais objetivos da Agroclimatologia é avaliar a aptidão agrícola das diferentes regiões climáticas existentes no globo terrestre. Essa aptidão agrícola é determinada em função das necessidades climáticas das culturas de interesse e da potencialidade edafoclimática da região onde tais culturas serão introduzidas. Porém, se tal espécie já é cultivada em determinada região, os estudos agroclimáticos identificam a melhor época de plantio, de modo que a referida cultura não seja prejudicada por condições climáticas adversas. Para a determinação dos requerimentos climáticos de um vegetal, há necessidade de que os estudos agroclimáticos sejam feitos juntamente com os estudos fenológicos, sendo que o último relaciona o fenômeno periódico da vida da planta com uma série de estimativas quantitativas dos elementos ambientais.

Neste contexto, realizou-se um estudo agroclimático com os seguintes objetivos.

Determinar a ocorrência de precipitação decenal para os percentis 25, 50 e 75;

Mostrar espacialmente características da estação de cultivo por três métodos para Alagoas;

Relacionar características da estação de cultivo com o ciclo e necessidades hídricas de culturas agrícolas.

2.0 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Clima e agricultura

O Nordeste brasileiro é uma região geográfica com uma área de 1.548.672 km², correspondendo a 18,2 % da superfície total do País, sendo subdividido de acordo com sua natureza climática em: Nordeste semi-árido, com cerca de 800.000 km²; Nordeste semi-úmido, com aproximadamente 600.000 km² e o Nordeste úmido com o restante.

O clima do Brasil pode ser classificado, em geral, como equatorial, tropical e subtropical, mas dentro do território brasileiro há muitas diferenças quanto ao clima em uma mesma região. Para um estudo mais preciso do clima do Brasil é necessária uma classificação mais específica. Atualmente, a melhor classificação é a de Koppen, que leva em conta fatores como relevo, regime de chuvas, temperatura entre outros e representa com letras características de temperatura e regime de chuvas nas diversas estações do ano. Na visão global, o Brasil está localizado em duas áreas climáticas, sendo que 92 % do território está acima do Trópico de Capricórnio, constituindo a zona tropical. Apenas as regiões sul e o sul de São Paulo se localizam na zona temperada. Outro fator marcante do Brasil é o seu grande e extenso litoral, tornando-o um país bastante úmido (Clima Brasileiro, 2003).

O Nordeste está localizado em uma região que recebe influências desde a Amazônia até a Europa. Há quatro tipos de clima no Nordeste. O Af (temperaturas elevadas sem estação seca), As (temperaturas elevadas com chuvas de inverno e outono), Aw (temperaturas elevadas com seca no inverno e chuva no verão) e o BSh (temperaturas elevadas com chuvas escassas no inverno e períodos de estiagem). O tipo climático Af é encontrado no litoral da Bahia e Sergipe; o As no litoral de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte; o Aw é encontrado em todos os Estados; o BSh é o Sertão nordestino, que compreende o norte da Bahia e parte do interior dos demais Estados, exceto o Maranhão (Clima Brasileiro, 2003).

A região da Zona da Mata estende-se do estado do Rio Grande do Norte ao sul do estado da Bahia, numa faixa litorânea de até 200 km de largura. Possui clima tropical úmido,

com chuvas mais freqüentes na época do outono e inverno, exceto no sul do estado da Bahia, onde se distribuem uniformemente por todo o ano. Esta zona ocupa 7 % da área do Nordeste brasileiro e possui 32 % da população. A precipitação anual é acima de 2000 mm/ano. A agricultura é baseada na cana-de-açúcar, cacau e coco (Parry et al., 1988).

A região Agreste é a área de transição entre a Zona da Mata, região úmida e cheia de brejos, e o Sertão semi-árido, ocupando 11 % da área regional e contendo 14 % da população. Nesta região a precipitação anual é baixa (800 mm a 1000 mm) e a agricultura é baseada na produção de alimentos (feijão, milho, frutas e vegetais), fumo, algodão e criação de gado (Parry et al., 1988).

A região do Sertão ocupa 60 % do Nordeste e possui 42 % da população. O clima é semi-árido com precipitações acima de 800 mm/ano. A agricultura é baseada na produção de gado e algodão (Parry et al., 1988).

2.2 - Estação de cultivo

É comum observar, nas regiões tropicais, ocorrências de temperaturas elevadas, irradiâncias solares intensas e precipitações irregulares. Além da aleatoriedade, estes elementos climáticos, principalmente as precipitações, exercem grande influência, em maior ou menor grau, no crescimento e desenvolvimento das culturas agrícolas.

André e Silva (1994) correlacionaram as condições climáticas, durante a estação de crescimento de culturas agrícolas, com suas respectivas fases fenológicas, fazendo recomendações sobre as prováveis datas de início e término da estação de crescimento

Stewart e Hash (1982) apresentaram um estudo de caso, em que foram analisadas as precipitações efetivas para a adequabilidade do plantio da cultura do milho, em 48 estações chuvosas para 24 anos de registros, ou a evapotranspiração real para o milho, no Kênia, classificando os períodos chuvosos em precoce, tardio e muito tardio. No entanto, a definição de uma data para início da estação de crescimento, bem como para seu fim, não tem caráter determinístico, em razão da natureza intermitente e irregular das precipitações.

A data de início da estação de cultivo é um importante parâmetro agroclimático. Assim, é importante para planejadores de produção agrícola, o conhecimento do comportamento desse parâmetro em cada localidade para subsidiá-los na tarefa de otimização do aproveitamento dos recursos naturais e obtenção da máxima produção ao menor custo possível.

Segundo Stewart (1990), em agricultura de sequeiro a estação de crescimento das culturas depende da época em que as chuvas efetivamente começam. Em geral, estações de crescimento com início precoce são potencialmente superiores na produtividade das culturas, em relação às estações de crescimento de início tardio.

2.3 - Considerações gerais sobre as culturas agrícolas

A importância das condições do tempo, durante a estação de cultivo na produtividade das culturas agrícolas, é amplamente reconhecida por pesquisadores (Mondragón, 1990). Por outro lado, as características agroclimáticas em várias localidades podem influenciar diferentemente a produtividade final da cultura. A temperatura do ar afeta a maioria dos processos físicos e químicos das plantas e considera-se que cada espécie exige um ótimo de amplitude térmica para se desenvolver satisfatoriamente. A insolação e a radiação solar incidente estão associadas à produtividade das culturas, principalmente pela influência desses elementos nos processos da fotossíntese, transpiração, floração e maturação. O efeito desses elementos na produtividade dos cultivos tem sido, em geral, avaliado em associação com a temperatura e a disponibilidade de água (Bastos e Pacheco, 2000).

O processo de evolução econômica do estado de Alagoas toma por base o setor primário e suas principais culturas são: cana-de-açúcar, algodão, feijão e milho. A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é a cultura mais importante, colocando o Estado na condição de terceiro maior produtor e exportador de açúcar do país, com uma área plantada correspondente a 17 % do total nacional. É uma cultura perene, com um ciclo de produção de cinco a sete anos. Dela se extrai a sacarose, produto básico para a produção de açúcar e álcool, que se encontra no sumo da planta madura. É, também, a cultura de maior expressão econômica do Estado. Porém, existem fatores negativos como a baixa fertilidade e teor de matéria orgânica do solo, além de um regime de precipitação pluvial muito irregular, provocando déficit hídrico à cultura principalmente no período de crescimento, reduzindo assim a produtividade em até 70 % em anos de seca, principalmente por ser a cultura da cana-de-açúcar, em sua maior parte, desenvolvida no Estado sob regime de sequeiro (Toledo Filho, 1988).

A cultura do milho (*Zea mays L.*) é uma das mais difundidas no mundo, sendo superada apenas pelas culturas do trigo e do arroz. Embora apresente um elevado potencial produtivo seu rendimento no Brasil é da ordem de 2054 kg ha⁻¹, sendo que na região Nordeste a produção não ultrapassa os 700 kg ha⁻¹ (Martins, 2002).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho com uma safra na faixa de 35 milhões de toneladas na média dos três últimos anos. Caracterizada por muitos anos como *uma cultura de subsistência, o milho tem uma produtividade muito baixa no Brasil e ainda tem boa parte de seu plantio realizado em pequenas propriedades, com baixo uso de tecnologia, em especial no Sul e no Nordeste.*

O milho é uma gramínea originária da América, provavelmente na faixa tropical do hemisfério norte, da Argentina até o Canadá, quando os europeus chegaram ao continente. É *uma das culturas mais antigas do mundo, havendo provas de que é cultivado há pelo menos 4.000 anos.* Logo depois do descobrimento da América foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins até que seu valor alimentício tornou-se conhecido. Passou, então, a ser plantado em escala comercial e espalhou-se desde a latitude de 58°N (União Soviética) até 40°S (Argentina). Em termos de consumo, os Estados Unidos são o país onde mais se utiliza o cereal, *ainda assim, possuem um excedente de 15 % para exportação, que o torna o maior exportador mundial de milho.* Em segundo lugar destaca-se a China, a qual consome 20 % do milho produzido no mundo (Godoy, 2003).

Originário da América do Sul e Guatemala o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos principais alimentos da população brasileira. Na maioria das regiões produtoras predomina a *exploração do feijoeiro por pequenos produtores, com uso reduzido de insumos, obtendo-se baixas produções.* O Brasil produz cerca de 2,6 milhões de toneladas de feijão comum com produtividade média de 732 kg/ha; em áreas irrigadas a produtividade alcança 3.000 kg/ha (CATI, 2002)

A soja (*Glycine max*) é um dos principais produtos de exportação da agricultura brasileira e é *também uma das principais fontes de proteína e óleo vegetal do mundo.* É uma planta originária da China sendo introduzida no Brasil no século XIX. Os maiores produtores mundiais são os Estados Unidos, o Brasil, a Argentina e a China. No Brasil, as principais áreas produtoras estão nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

Os estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Goiás e São Paulo são os *principais produtores de soja no Brasil.* A *produção comercial de soja está sendo ampliada também nas regiões Norte e Nordeste* (Cunha e Bergamaschi, 2002).

O algodão (*Gossypium* sp.) é uma planta de origem tropical, também explorada economicamente em países subtropicais, acima da latitude de 30°N. O estado de Alagoas concentra as regiões aptas ao plantio do algodão na região central do Estado e, em uma pequena área, a oeste, *limite com o estado de Pernambuco.* Apresenta potencial para a *cotonicultura irrigada nas áreas adjacentes ao Rio São Francisco.* As regiões litorâneas e a

oeste, limite com os estados de Sergipe e Bahia, são inaptas ao algodão (Medeiros et al., 1996).

2.4 - Exigências climáticas das culturas agrícolas

O clima impõe muitas restrições ao uso da terra devido à variabilidade das condições meteorológicas. Assim, o conhecimento do potencial climático de uma região para as várias culturas e da capacidade de uso da terra pode orientar a decisão na escolha de áreas de implantação de novos empreendimentos agrícolas (Martorano et al., 1997).

As complexas interações existentes entre o crescimento e o desenvolvimento das plantas e as variações climáticas sazonais em uma dada região tornam a produtividade das culturas altamente dependente dessas variações (Souza, 1989).

A disponibilidade energética e hídrica são os dois fatores físicos de ordem edafoclimática para determinar o crescimento e desenvolvimento das plantas e, portanto, a sua produtividade

Torna-se mais prático caracterizar as exigências climáticas a partir de índices que utilizam elementos meteorológicos, como a temperatura do ar, a insolação e a precipitação. Segundo Schimiedecken (1981) a avaliação da disponibilidade hídrica para as culturas agrícolas, não pode ser feita somente em função da precipitação, mas também da evapotranspiração potencial.

2.4.1 - Exigências térmicas

Nas regiões de altitudes elevadas, assim como nas de maiores latitudes, a temperatura do ar e do solo restringem o período de plantio, exercendo influência no crescimento e desenvolvimento da planta. No entanto, nas regiões tropicais é a distribuição das chuvas que determina o período mais adequado para o plantio.

O conhecimento das disponibilidades térmicas de um local é necessário em várias atividades agronômicas, como a seleção e introdução de cultivares e a definição de épocas de plantio. A utilização desses sistemas permitem elaborar calendários de plantio, prever as fases fenológicas das culturas e o planejamento da irrigação (Oliveira et al., 1999)

Em condições normais a semente de milho tem capacidade de germinar e iniciar seu desempenho vegetativo em torno de cinco a seis dias, numa temperatura média diária de 25 a 30 °C, sendo que poucas linhagens conseguem germinar satisfatoriamente em temperaturas

abaixo de 10 °C (Magalhães, 1995). O período de florescimento e maturação é acelerado em temperaturas médias diárias de 26 °C e retardado abaixo de 15 °C (Almeida e Canecchio Filho, 1987).

O desenvolvimento da planta de milho é basicamente controlado pela temperatura; assim, temperaturas mais baixas provocam um alongamento de ciclo e temperaturas mais elevadas determinam um encurtamento de ciclo. O milho é caracterizado como uma planta sensível às variações térmicas. Normalmente as condições adequadas ao crescimento se situam entre 10 e 30 °C. Em temperaturas abaixo de 10 °C ocorre um crescimento muito lento ou até interrupção do crescimento, retardando o ciclo e predispondo as plantas ao ataque de pragas e doenças e em temperaturas acima de 30 °C o crescimento realmente pode ser reduzido, porém a planta continua seu desenvolvimento (Caramori et al., 2000)

Mondragón (1990), observou que a cultura do milho floresce e madurece mais rapidamente quando as temperaturas médias do ar situam-se em torno de 25 °C, ocorrendo um retardamento cada vez maior à medida que se diminui essa temperatura; chegando a concluir que não é possível o cultivo de tal cultura quando a temperatura média diária no verão é inferior a 19 °C ou a temperatura média noturna é inferior a 13 °C

A cultura da cana-de-açúcar como planta semi-tropical em todo o curso do ano, difere das culturas anuais de ciclo curto, como as de arroz, algodão, trigo, batata etc., que são influenciadas apenas pelas características climáticas de limitados períodos do ano. A cana-de-açúcar tem seu crescimento e desenvolvimento controlado pela temperatura, luz e umidade, desenvolvendo-se melhor em locais quentes com alta insolação e boa distribuição de umidade durante seu ciclo. Para se desenvolver normalmente e dar produções e rendimentos comerciais econômicos de sacarose a cana-de-açúcar necessita dispor de um mínimo de energia ou calor durante o seu ciclo vegetativo. De maneira geral, a cana-de-açúcar requer de seis a oito meses com temperaturas elevadas, radiação intensa e precipitações regulares, para que ocorra pleno crescimento vegetativo, seguido de quatro a seis meses com estação seca e/ou baixas temperaturas, condições estas não favoráveis ao crescimento e extremamente benéficas e estimuladoras do acúmulo de sacarose (Lyra et al., 2000).

Dois são os fatores climáticos que influenciam o repouso e a maturação da cana-de-açúcar: baixa temperatura e deficiência de umidade. A queda da temperatura média diária abaixo de determinados limites reduz substancialmente o crescimento da cana. Crescimentos apreciáveis são observados apenas quando a temperatura média diária ultrapassa 21 °C.

De acordo com Barbieri (1993) o efeito da temperatura do solo na germinação e crescimento inicial da cana-de-açúcar mostrou que as diferenças na temperatura ótima para

germinação estão relacionadas com o local de origem da variedade. Cana-de-açúcar de origem subtropical tem temperatura ótima entre 26 e 33 °C e as de origem tropical registraram um ótimo entre 34 e 38 °C.

O fator térmico é importante para o desenvolvimento do feijão, verificando que seu crescimento é função das temperaturas noturnas e que as temperaturas ótimas para o mesmo, nos primeiros estágios de desenvolvimento, são mais elevadas que as dos estágios mais avançados. A frutificação do feijão diminui com o aumento das temperaturas compreendidas entre 21 e 46 °C. Este período encurta-se, quando as plantas são submetidas a temperaturas que oscilam entre 21 e 29 °C e alonga-se com temperaturas entre 15 e 24 °C. O cultivo do feijão a altas temperaturas somente é possível em condições de baixa umidade atmosférica e com irrigação (Secretaria de Estado da Agricultura, 1980). Bergamaschi et al. (1988) consideram que a temperatura média mensal ótima para a cultura está entre 18 e 32 °C, acrescentando ainda que as temperaturas abaixo de 18 °C retardam demasiadamente o desenvolvimento do vegetal e acima de 30 °C prejudicam a sua frutificação. A temperatura média do ar de 21 °C, durante o ciclo vegetativo, seria a ideal. Bergamaschi, citado por Guimarães (1988), considera uma condição favorável ao cultivo do feijoeiro, a existência de um ou mais meses do ciclo, com temperaturas médias inferiores a 22 °C. Doorenbos e Kassan (1994) recomendam para a cultura do feijão temperaturas médias diárias do ar de 10 a 27 °C, embora a temperatura ótima seja de 15 a 20 °C. É uma planta que deve ser cultivada em regiões ecologicamente favoráveis ao seu desenvolvimento, com temperaturas ao redor de 15 a 30 °C. Temperaturas acima de 30 a 35 °C tornam-se prejudiciais à cultura, especialmente durante a floração e quando associados a períodos de estresse hídrico (CATI, 2002).

O estado de Alagoas concentra as regiões aptas ao plantio do algodão na região central do Estado e, em uma pequena área, a oeste, limite com o estado de Pernambuco. Apresenta potencial para a cotonicultura irrigada nas áreas adjacentes ao Rio São Francisco. As regiões litorâneas e a oeste, limite com os estados de Sergipe e Bahia, são inaptas ao algodão (Medeiros et al., 1996).

Reddy et al. (1991), consideram que a temperatura é um dos fatores ambientais que mais interferem no crescimento e no desenvolvimento da cultura do algodão, por afetar significativamente a fenologia, a expansão foliar, a produção de biomassa e a partição de assimilados em diferentes partes da planta, sendo a ótima para produção entre 20 e 30 °C, acrescentando que temperaturas em torno de 15 °C retardam e tornam imperfeita a germinação da semente de algodão.

Embora seja uma leguminosa originária de clima temperado, a soja é uma cultura que se adapta a uma grande variedade de climas, desde os temperados-frios, como no caso do norte dos Estados Unidos ou no Canadá, até climas tropicais, como o do Brasil. Para a germinação, a temperatura ideal é de 30 °C e para que a produção seja satisfatória a temperatura mínima não deve ser inferior a 12 °C e a temperatura máxima não deve exceder 38 °C durante a época de desenvolvimento dos grãos

2.4.2 - Exigências hídricas

Em regiões áridas e semi-áridas, à semelhança do trópico semi-árido do Nordeste brasileiro, onde a água é sempre um fator limitante, principalmente para a agricultura dependente de chuvas, as pesquisas devem estar voltadas para técnicas de manejo sustentável, visando aumentar a disponibilidade de água no solo para se obter a máxima produção por unidade de água precipitada. Associando necessidades hídricas da cultura do milho, com os dados de precipitações médias para a maioria dos municípios da região do semi-árido do Nordeste brasileiro, Silva et al. (1993) observaram que, anualmente, ocorre déficit hídrico na cultura do milho, principalmente devido à irregularidade na distribuição das chuvas no tempo e no espaço.

As necessidades hídricas de uma cultura variam em função do seu crescimento e desenvolvimento, além das condições meteorológicas. Os efeitos que o estresse hídrico provoca sobre a produção, variam grandemente com o período e duração do ciclo da planta e com a intensidade do próprio estresse.

A água é um dos fatores de produção mais importantes para as culturas em geral e a sua falta ou excesso pode influenciar na produção agrícola de uma determinada região ou cultura. O regime de chuvas é a principal característica climática que determina a duração da estação de crescimento em regiões tropicais, em contraste com as regiões temperadas, em que o início e o fim da estação de crescimento são definidos pelo regime sazonal da temperatura do ar (Silva, 2002).

A distribuição da precipitação pluviométrica sobre o território brasileiro é bastante variável; porém, a maioria das regiões encontra-se sob clima úmido e semi-árido. Nessas regiões, geralmente a quantidade de precipitação pluviométrica é suficiente para o desempenho das culturas no período chuvoso. Frequentemente, ocorrem períodos de escassez de chuva durante os estádios mais críticos da cultura, resultando em perdas de produção (Saad e Frizzone, 2003).

Costa et al. (1991), afirmam que existe uma forte relação entre a produção agrícola e os índices pluviométricos, principalmente quando esta depende quase que exclusivamente das chuvas. *O sucesso da produção agrícola, principalmente em áreas não irrigadas, depende muito das características do regime pluviométrico local*

O conhecimento do início, duração, quantidade e distribuição das chuvas é fundamental ao planejamento das atividades agrícolas, tais como a definição das datas mais apropriadas a fim de estabelecer um calendário agrícola para as culturas agrícolas e analisar as melhores épocas de preparo do solo e plantio. *O conhecimento das exigências hídricas das culturas tem sua aplicação direta na agricultura irrigada, pois é essencial para o uso racional dos recursos hídricos possibilitando o dimensionamento adequado de sistemas de irrigação bem como um manejo adequado da água*

Medeiros et al. (1991), Tommaselli e Villa Nova (1994) e Matzenauer et al. (1995), afirmam que a cultura do milho é mais sensível ao déficit hídrico durante os estádios de desenvolvimento correspondentes à emergência, florescimento e início da formação de grãos.

Matzenauer et al. (1995) citaram uma série de trabalhos nos quais foram estudados os efeitos do déficit hídrico sobre o rendimento de grãos e os períodos mais sensíveis da cultura do milho, explicando que os resultados variaram em função da duração e intensidade do déficit, local, tipo de solo e cultivares. *Em seus estudos, os autores concluíram que o período de maior associação entre o rendimento e variáveis hídricas, ou seja, o de maior sensibilidade ao déficit hídrico, foi o englobado pela floração e início de enchimento de grãos.*

Segundo Doorenbos e Kassam (1994), a cultura do milho exige uma disponibilidade hídrica em torno de 500 mm a 800 mm, bem distribuídos conforme suas fases fenológicas, principalmente as fases de floração e enchimento de grãos, a fim de obter-se uma máxima produtividade durante o ciclo da cultura que varia de 90 dias a 120 dias, dependendo das condições climáticas da localidade, uma vez que as plantas absorvem água diferentemente em função do estágio fenológico em que se encontram

O clima mais favorável à cultura é aquele que apresenta verões quentes e úmidos durante o ciclo vegetativo, acompanhado de invernos secos facilitando com isso a colheita e o armazenamento. No Brasil, exceto algumas regiões da Bacia Amazônica, do Nordeste e extremo Sul, não existe limitação climática para a produção do milho (Almeida e Canecchio Filho, 1987)

As diferentes fases fenológicas do ciclo da cana-de-açúcar apresentam diferentes necessidades hídricas. Na fase de desenvolvimento vegetativo o consumo de água é elevado,

enquanto que na fase de maturação o consumo é reduzido, sendo importante um período seco para a acumulação dos açúcares (Barbieri, 1993).

O subperíodo de desenvolvimento vegetativo é crítico para a cana-de-açúcar sendo seu consumo de água elevado, enquanto que no subperíodo de maturação seu consumo é reduzido. A necessidade hídrica da cultura varia de 1500 mm a 2500 mm e o ciclo de 270 dias a 365 dias

O fator hídrico no feijoeiro é crítico, não devendo haver excesso e nem deficiência de água, e o ideal é que a precipitação pluvial seja em torno de 300 mm a 500 mm, bem distribuídos com o ciclo da cultura variando de 60 dias a 120 dias. O ideal para o desenvolvimento e produção de feijão é que essa precipitação ocorra até o período de maturação (Souza, 1989).

O excesso de chuvas pode encharcar o solo, tornando as plantas cloróticas, isto é, com manchas amareladas e paralisando o seu crescimento. Se o vegetal já frutificou, pode ocasionar inclusive a germinação das sementes dentro das próprias vagens. Por outro lado, segundo Vieira et al. (1998), a escassez de chuvas, principalmente nas épocas de florescimento e frutificação, diminui a percentagem de flores fecundadas, provoca o amadurecimento precoce das vagens e faz com que as sementes não completem o seu desenvolvimento. Período de seca de apenas dez dias pode influir decisivamente na produção desta cultura.

A disponibilidade hídrica para a cultura da soja varia de 700 mm a 1200 mm, sendo que a maior necessidade de água ocorre durante os períodos de germinação e de enchimento dos grãos. A soja possui grande diversidade quanto ao ciclo (número de dias da emergência à maturação), variando de 70 dias para as mais precoces a 200 dias para as mais tardias. De modo geral, as variedades brasileiras têm ciclo entre 100 dias a 160 dias. (Cunha e Bergamaschi, 2002).

O algodão necessita de precipitação anual entre 500 mm a 1500 mm, bem distribuída (Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco, 1987). Precipitações intensas podem causar o acamamento das plantas o que, durante a floração, provoca queda dos botões florais e das maçãs jovens, enquanto chuvas contínuas durante a floração e a abertura das maçãs comprometem a polinização e reduzem a qualidade da fibra. O ciclo da cultura varia de 150 dias a 180 dias.

2.4.3- Evapotranspiração potencial

O conceito de evapotranspiração potencial, o mais significativo avanço no conhecimento dos aspectos da umidade climática, foi introduzido em 1944 por Thornthwaite, quando trabalhava com problemas de irrigação, no México (Camargo e Pereira, 1981). A evapotranspiração potencial (ETp) passou a ser considerada, como um elemento meteorológico padrão, fundamental, representando a chuva necessária para atender as carências de água da vegetação.

A evapotranspiração potencial corresponde ao processo de transferência combinada de água do solo para a atmosfera, em forma de vapor, por unidade de tempo, via processos de evaporação da superfície e transpiração de plantas, em uma superfície extensa completamente coberta de vegetação de porte baixo, tipo gramado, e sem limitação de disponibilidade de água no solo. Tal processo requer suprimento de energia, e a única fonte disponível para isso é a radiação solar. A evapotranspiração potencial, portanto, é mais elevada no verão, quando os dias são mais longos e maior a radiação solar (Camargo e Camargo, 2000).

Segundo Pereira et al. (1997), evapotranspiração é o termo que foi utilizado por Thornthwaite, para expressar a ocorrência simultânea dos processos de evaporação e transpiração numa superfície vegetada. A evapotranspiração potencial é controlada pela disponibilidade de energia e pelo suprimento de água do solo às plantas, sendo que a disponibilidade de energia depende da localidade e da época do ano.

Existem diversos métodos para estimativa da evapotranspiração. No entanto, após avaliações de vários elementos meteorológicos, pesquisadores, reunidos pela FAO (Food Agricultural Organization), propuseram uma parametrização ao Método de Penman-Monteith, padronizando-o como o mais adequado para estimar a evapotranspiração de uma cultura (Schöffel e Volpe, 1999).

3.0 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Localização das regiões estudadas e dados meteorológicos

O estado de Alagoas possui uma área de 27.793 km² e está localizado entre os meridianos 35° 09'W e 38° 13'W e os paralelos 08° 48'S e 10° 29'S. Limita-se ao norte com o estado de Pernambuco, ao sul com o estado de Sergipe, a este com o Oceano Atlântico e a oeste com parte dos estados de Pernambuco e Bahia. Para este trabalho, dividiu-se o Estado em quatro regiões geográficas (Figura 1), são elas: Sertão, Agreste, Litoral e Zona da Mata alagoana (Santiago e Di Pace, 2000).



Figura 1 - Localização das regiões geográficas no estado de Alagoas.

Foram utilizados dados diários de chuva de 36 localidades (Figura 2) compreendendo o período de 1913 a 1985, provenientes de registros da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), sendo transformados em valores médios decendiais nos 36 decêndios do ano para as quatro regiões delimitadas e posteriormente tratados para serem elaborados gráficos a 25 %, 50 % e 75 % de probabilidade, através da técnica dos percentis. Assim, cada mês tem o decêndio 1 entre o 1° ao 10° dia, o decêndio 2 entre o 11° ao 20° dia e o decêndio 3 contendo do 21° ao 28°, 30° ou 31° dia. Como exemplo, tome-se o mês de janeiro com os decêndios 1, 2 e 3 e o de dezembro, com os decêndios 34, 35 e 36. O percentil

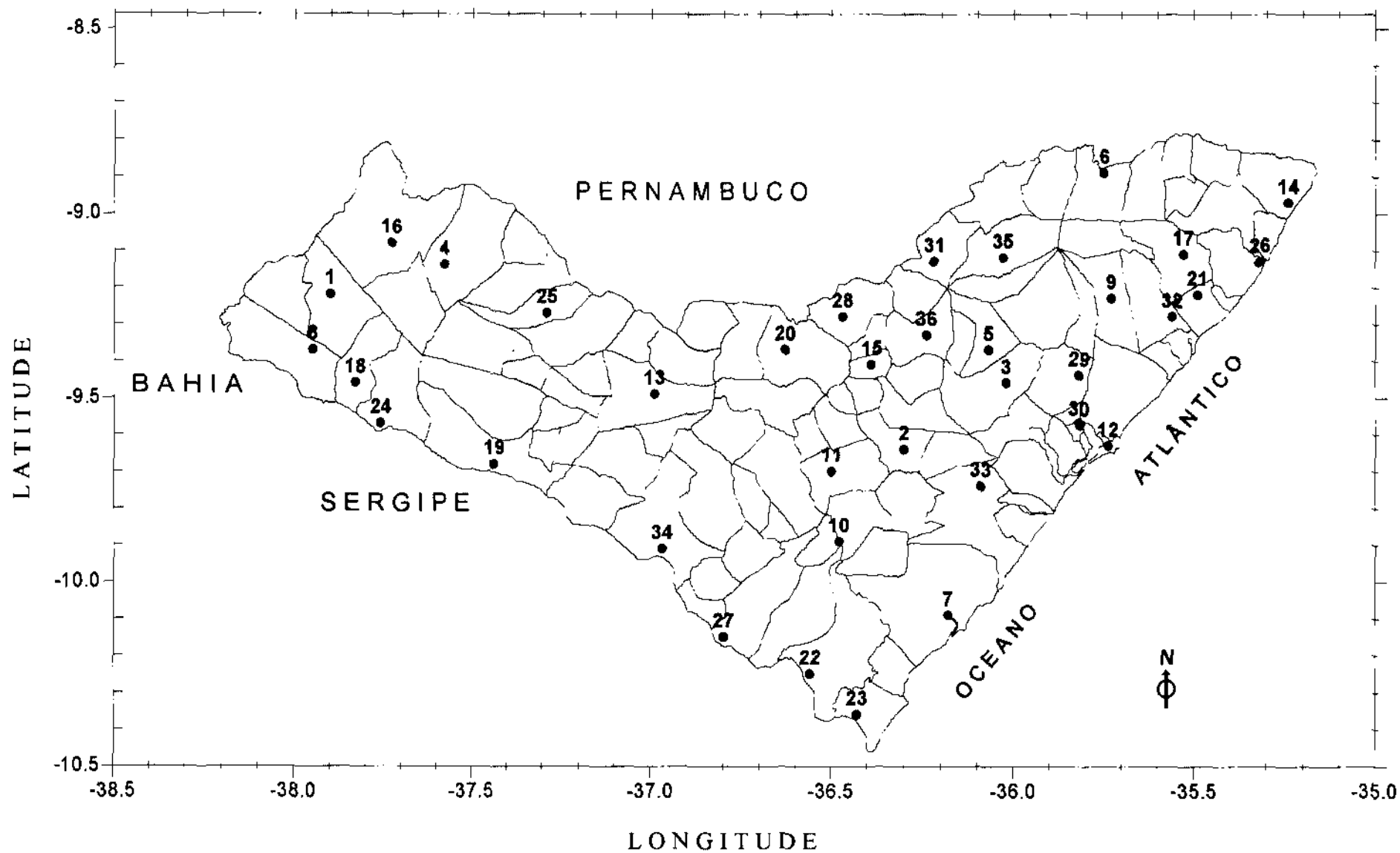


Figura 2 - Localização das áreas de estudo no estado de Alagoas.

(α_p) equivale ao valor de uma variável aleatória, contínua e independente (X), correspondente a uma porcentagem da área sob a curva da sua função de densidade de probabilidade (F), definida como:

$$\text{Prob}(X \leq \alpha_p) = F(\alpha_p) \quad (1)$$

em que:

α_p são os valores da variável meteorológica esperados;

p é a probabilidade expressa em %.

As características da estação de cultivo foram analisadas em função do início, do final, da duração e da variação. A Tabela 1 apresenta as regiões com suas respectivas coordenadas geográficas e período de observação.

3.2 - Avaliação da estação de cultivo

A estação de cultivo corresponde a um período onde a água no solo proveniente principalmente da precipitação pluvial está livremente disponível para as culturas agrícolas (Frère e Popov, 1979; Souza, 1989). Utilizou-se três métodos na determinação do início, final, duração e variação da estação de cultivo, para uma série de dados referente aos anos de 1913 a 1985. A análise das características da estação de cultivo foi feita considerando os períodos 1913 a 1985, 1913 a 1959 e 1960 a 1985

a) Método médio

Utilizou-se o critério adotado por Thomas (1993), na definição do início da estação de cultivo, no qual um índice C é obtido pela seguinte expressão.

$$C = \frac{P_n}{\left[\left(\frac{P_a}{365} \right)^n \right]} \quad (2)$$

onde:

P_a é a precipitação média anual;

P_n é a precipitação média decendial observada e

n é o número de dias do decêndio ($n= 8, 10$ ou 11).

Tabela 1 - Regiões e localidades com suas respectivas coordenadas geográficas e período de observação.

Região	Nº dos Postos	Localidades	Latitude	Longitude	Altitude	Período de Observação
Sertão	1	Água Branca	09° 26' S	37° 90' W	560 m	1915 - 1976
	4	Canapi	09° 18' S	37° 58' W	342 m	1938 - 1985
	8	Delmiro Gouveia	09° 41' S	37° 95' W	256 m	1937 - 1985
	13	Major Isidoro	09° 53' S	36° 99' W	217 m	1915 - 1985
	16	Mata Grande	09° 12' S	37° 73' W	633 m	1965 - 1985
	18	Olho D'Água do Casado	09° 50' S	37° 83' W	209 m	1963 - 1985
	19	Pão de Açúcar	09° 72' S	37° 44' W	45 m	1913 - 1985
	24	Piranhas	09° 61' S	37° 76' W	110 m	1913 - 1985
	25	Poço das Trincheiras	09° 31' S	37° 29' W	255 m	1921 - 1984
	34	Traipu	09° 95' S	36° 97' W	40 m	1913 - 1984
Litoral	7	Coruripe	10° 13' S	36° 18' W	10 m	1937 - 1984
	12	Maceió	09° 67' S	35° 74' W	30 m	1913 - 1984
	14	Maragogi	09° 01' S	35° 24' W	5 m	1963 - 1985
	21	Passo de Camaragibe	09° 26' S	35° 49' W	198 m	1960 - 1984
	22	Penedo	10° 29' S	36° 56' W	28 m	1913 - 1983
	23	Piaçabuçu	10° 40' S	36° 43' W	10 m	1944 - 1985
	26	Porto de Pedras	09° 17' S	35° 32' W	57 m	1938 - 1985
	30	Santa Luzia do Norte	09° 62' S	35° 82' W	57 m	1964 - 1985
	33	São Miguel dos Campos	09° 78' S	36° 09' W	12 m	1920 - 1985
Agreste	11	Limoeiro de Anadia	09° 74' S	36° 50' W	150 m	1913 - 1984
	15	Mar Vermelho	09° 45' S	36° 39' W	620 m	1963 - 1985
	20	Palmeira dos Índios	09° 41' S	36° 63' W	342 m	1913 - 1985
	27	Porto Real do Colégio	10° 19' S	36° 80' W	30 m	1913 - 1985
	28	Quebrangulo	09° 32' S	36° 47' W	411 m	1913 - 1984
Zona da Mata	2	Anadia	09° 68' S	36° 30' W	105 m	1913 - 1985
	3	Atalaia	09° 50' S	36° 02' W	54 m	1913 - 1984
	5	Capela	09° 41' S	36° 07' W	34 m	1963 - 1985
	6	Colônia Leopoldina	08° 93' S	35° 75' W	166 m	1944 - 1979
	9	Flexeiras	09° 27' S	35° 73' W	70 m	1963 - 1985
	10	Junqueiro	09° 93' S	36° 48' W	120 m	1914 - 1985
	17	Matriz de Camaragibe	09° 15' S	35° 53' W	16 m	1963 - 1985
	29	Rio Largo	09° 48' S	35° 82' W	127 m	1972 - 1996
	31	Santana do Mundaú	09° 17' S	36° 22' W	221 m	1963 - 1985
	32	São Luiz do Quitunde	09° 32' S	35° 56' W	4 m	1938 - 1985
	35	União dos Palmares	09° 16' S	36° 03' W	155 m	1913 - 1985
36	Viçosa	09° 37' S	36° 24' W	300 m	1913 - 1985	

Esse índice é encontrado em função da precipitação média anual e decendial, onde para áreas consideradas úmidas assumiu-se valor igual ou maior do que 0,75 e para áreas secas o valor de C é igual ou maior do que 1,00 (Thomas, 1993). Adotou-se na definição do final da estação de cultivo para as localidades consideradas secas a metade do índice determinado (0,5) e as localidades úmidas que atingirem a metade do índice determinado (0,4). A adoção de localidades secas e úmidas foi pelo conhecimento climatológico das regiões do estado de Alagoas, ou seja: região Litoral, Zona da Mata e Agreste, classificadas como úmidas; região do Sertão, classificada como seca. A variação foi obtida considerando a estação de cultivo mais antecipada com a mais atrasada, levando-se em conta toda a série de dados.

b) Método da precipitação provável de 20 mm

O início da estação de cultivo por esse método é para o primeiro decêndio da sequência pluvial decendial com 20 mm provável a 75 % de probabilidade e também para os decêndios subseqüentes, adaptado de Stern et al (1982). A precipitação provável é a mínima chuva esperada a 75 % de probabilidade, correspondendo ao percentil 25. O final foi determinado quando a capacidade de água disponível no solo atingiu uma perda de 60 mm, contabilizada do último decêndio da sequência pluvial provável de 20 mm a 75 % de probabilidade e a evapotranspiração média da região.

c) Método da precipitação provável a 75 % de probabilidade e evapotranspiração

Para uma série decendial de precipitação provável a 75% de probabilidade que supera a metade da evapotranspiração média decendial, adotou-se o seguinte critério, adaptado de Simane e Struik (1993): a) o início é definido para o primeiro decêndio da série em que o decêndio anterior e o posterior têm precipitação provável a 75% superando metade da evapotranspiração; b) o final foi determinado quando a capacidade de água disponível no solo atingiu uma perda de 60 mm, contabilizando a precipitação e evapotranspiração decendial. A evapotranspiração utilizada na caracterização agroclimática foi obtida pelo método de Penman-Monteith, FAO 1990, conforme Santos (2003).

As características espaciais da estação de cultivo dos três métodos foram obtidas utilizando o software de mapeamento de superfície (Surfer 6.0), contendo as informações X, Y e Z, onde: X é a latitude, Y é a longitude e Z é o valor da variável. Na fase da geração da grade regular, selecionou-se uma grade com densidade intermediária com 1000 linhas e 700 colunas. O passo seguinte foi à escolha da interpolação pelo método Kriging, sendo que o

produto final foi um conjunto de mapas da distribuição espacial da estação de cultivo. Também foram feitos mapas de precipitação total média, precipitação anual referente aos percentis 25, 50 e 75 e *precipitação total média da estação de crescimento referente aos três métodos* para os períodos de 1913 a 1985, 1913 a 1959 e de 1960 a 1985.

4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Probabilidade de ocorrência de precipitação em regiões de Alagoas com base na técnica dos percentis

A Figura 3 mostra a distribuição dos totais decendiais de precipitação esperados a 25 %, 50 % e 75 % de probabilidade para as localidades do Sertão. Nota-se que para 75 % de probabilidade, a chuva provável decendial ocorreu somente para as localidades de Água Branca [decêndios 16 a 18, 20 e 21 (Figura 3a)], Mata Grande [decêndios 12, 14, 18, 19 e 21 (Figura 3f)] e Traipu [decêndios 16 e 18 (Figura 3j)]. A localidade de Delmiro Gouveia (Figura 3c) se destaca como a mais seca, onde todos os 36 decêndios ficaram com chuva abaixo de 20 mm a 50 % de probabilidade. As localidades de Canapi (Figura 3b), Olho D'Água do Casado (Figura 3d), Pão de Açúcar (Figura 3g) e Piranhas (Figura 3h) segue também uma característica de escassez pluvial, onde somente um ou dois decêndios por ano, espera-se chuva de 20 mm a 50 % de probabilidade. Os locais da região do Sertão de Alagoas com mais períodos decendiais com 20 mm de precipitação a 50 % de probabilidade foram Água Branca, Major Isidoro, Mata Grande, Poço das Trincheiras e Traipu.

A distribuição decendial de precipitação esperada a 25 %, 50 % e 75 % de probabilidade para as localidades representativas do Litoral alagoano está representada na Figura 4. Verifica-se que a 75 % de probabilidade a chuva provável de 20 mm com maiores períodos decendiais ocorreu nas localidades de Coruripe (Figura 4a) e São Miguel dos Campos (Figura 4g), ambas com 14 decêndios. A microrregião de Piaçabuçu (Figura 4e) se destaca com o menor número de decêndios com chuva provável a 75 % de probabilidade. A 50 % de probabilidade observa-se que a localidade de Passo de Camaragibe (Figura 4b) alcançou um valor máximo de precipitação decendial de 89 mm no 18º decêndio (de 21 a 30/06). Os locais com menos períodos decendiais com 20 mm de precipitação a 50 % de probabilidade foram Piaçabuçu (Figura 4b), Maceió (Figura 4f) e Penedo (Figura 4h).