



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

N.º de ordem: METE-UFAL-MS/013

ANÁLISE AGROMETEOROLÓGICA EM REGIÕES DE ALAGOAS PARA  
CULTURA DO MAMÃO (*carica papaya L*)

ÉRIKSON AMORIM DOS SANTOS

Dissertação de mestrado apresentada a Universidade Federal de Alagoas, para obtenção do título de Mestre em Meteorologia Área de concentração **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: METE-UFAL-MS/013**

**ANÁLISE AGROMETEOROLÓGICA EM REGIÕES DE ALAGOAS PARA CULTURA  
DO MAMÃO (*carica papaya L*)**

**ÉRIKSON AMORIM DOS SANTOS**

Dissertação de mestrado apresentada a  
Universidade Federal de Alagoas, para obtenção  
do título de Mestre em Meteorologia – Área de  
concentração **Processos de Superfície Terrestre.**

MACEIÓ - AL

2003

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

S237a Santos, Érikson Amorim dos.  
Análise agrometeorológica em regiões de Alagoas para a cultura do mamão  
(*carica papaya* L.) / Érikson Amorim dos Santos. – Maceió, 2003.  
xv, 98f : 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. 91-98.

1. Meteorologia agrícola - Maceió (AL). 2. Mamão - Cultura. 3. *Carica pa-  
paya* L. I. Título

CDU: 551.5:634.651(813.5)

“Cada um de nós é responsável pelo prejuízo que causa à sociedade,  
quer por um ato  
quer pela sua negligência”  
(Código Civil Brasileiro)

“O subdesenvolvimento, mais que um problema de falta de recursos, é um problema de  
insuficiência de conhecimento”  
(Pólan Lacki)

Dedico este trabalhos aos meus pais José Tenório dos Santos e Iva Amorim dos Santos que trabalharam e trabalham arduamente para me dar as condições necessárias para a realização de uma valiosa conquista da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Os meus mais sinceros agradecimentos a

Jeová Deus por sempre iluminar o meu caminho, me mostrando as saídas que preciso naquelas horas em que penso que estou passando por problemas, pelo seu maravilhoso Espírito Santo que me confere poder, sabedoria, justiça e amor necessários no meu trabalho e no trato com os outros;

Ao meu mestre e orientador, o Prof. Dr. José Leonaldo de Souza, que não poupou esforço em me ajudar de todas as formas que pode no sentido da concretização desse trabalho;

Ao Professor Dr. Manoel da Rocha Toledo Filho e a Profª. Dr. Maysa de Lima Leite por algumas sugestões dadas durante o desenvolvimento do trabalho;

Ao Prof. Dr. Gilson Moura Filho que muito colaborou na execução deste trabalho;

Ao Sr. Maxuel Gomes de Vasconcelos dono da propriedade na qual foi instalado o experimento;

Ao Professor Dr. Ricardo Ferreira C. Amorim, pelas sugestões que me passava ao visitar o laboratório de radiometria solar;

Aos demais Professores do Departamento de Meteorologia/CCEN/UFAL pelo preparo e apoio a mim dispensado desde o início do curso de Mestrado em Meteorologia;

A coordenação do curso de mestrado em Meteorologia na pessoa do Professor Dr. Marcos Moura pela compreensão e ajuda em algumas questões referentes algumas normas do curso;

Aos colegas de turma pelo incentivo e ajuda que me deram na realização deste trabalho.

A FAPEAL pela bolsa que me proporcionou condições de realizar esse trabalho.

A todos que de uma maneira ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

DOS SANTOS, Erikson Amorim. ANÁLISE AGROMETEOROLÓGICA DE REGIÕES DE ALAGOAS PARA A CULTURA DO MAMÃO (*Carica papaya*) Orientador: Prof. Dr. José Leonaldo de Souza. Maceió-AL: MET, UFAL, 2003. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)

Este trabalho avaliou o potencial agrometeorológico das microrregiões de Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo e Porto de Pedras no estado de Alagoas para o desenvolvimento da cultura do mamão (*carica papaya*). Utilizou-se dados meteorológicos diários de duração do brilho solar, temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação pluvial, obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Estação Agrometeorológica do Campus Delza Gitai/UFAL (09° 28' 02" S; 35° 49' 43" W; 127m) em Rio Largo - AL. Na descrição climatológica das microrregiões, determinou-se balanço de radiação, fez-se distribuição dos elementos meteorológicos e da evapotranspiração de referência a 25, 50 e 75% de probabilidade utilizando a técnica percentis. Dentro de um pomar de mamão na localidade de Pilar - AL (09°36' S; 35°53' W; 107m) determinou-se balanço de energia, evapotranspiração de referência, evapotranspiração da cultura e o coeficiente de cultura do mamão. Assim, observou-se que nas localidades de Água Branca, Pão de Açúcar e Palmeira dos Índios praticamente a precipitação pluvial é o único elemento meteorológico que não está dentro das exigências da cultura do mamão para o seu ótimo desenvolvimento. A evapotranspiração de referência média diária anual variou nessas localidades de 3,98 mm<sup>dia</sup><sup>-1</sup> em Rio Largo a 4,50 mm<sup>dia</sup><sup>-1</sup> em Pão de Açúcar. A evapotranspiração diária da cultura do mamão na região do Pilar por Penman-Monteith foi em média de 5,30 mm e a máxima foi de 8,61 mm e pela razão de Bowen foi em média de 5,50 mm e a máxima foi de 7,10 mm. O coeficiente da cultura do mamão, na fase de florescimento e frutificação, para os métodos ETo utilizados, variou de 0,81 a 1,32.

## ABSTRACT

DOS SANTOS, Erikson Amorim. ANÁLISE AGROMETEOROLÓGICA NA CULTURA DO MAMÃO EM REGIÕES DE ALAGOAS. Orientador: Prof. Dr. José Leonaldo de Souza. Maceió-AL:UFAL, 2001. Dissertação (Mestrado em Meteorologia).

The objective of this study is to determine the agrometeorological potential of the microregions of Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo and Porto de Pedras, Alagoas state, Brazil for papaya crops (*Carica papaya*). Daily sunshine duration, maximum and minimum air temperatures, relative humidity, wind speed and rainfall data from National Institute of Meteorology (INMET) and the Agrometeorological Station of Campus Delza Gital/UFAL (09° 28' 02" S; 35° 49' 43" W; 107m) in Rio Largo. In describing the climatology of these regions, the radiation budget was determined as well as the distributions of the meteorological variables and reference evapotranspiration to 25, 50 and 75% of probability (percentile technique). The energy budget, reference evapotranspiration and the crop coefficient were calculated for a papaya orchard in Pilar - AL (09° 36' S; 35° 53' W; 107m). It was observed that the rainfall is only meteorological parameter that does not satisfy the optimal development criteria for papaya growth. The average daily annual reference evapotranspiration, changed from 3.98 mmday<sup>-1</sup> (Rio Largo) to 4.50 mmday<sup>-1</sup> (Pão de Açúcar). The average reference evapotranspiration of papaya crop in Pilar were 5.30 mm and the maximum 8.61 mm (Penman-Monteith method) while the values using the Bowen ratio technique were 5.50 mm and 7.10, respectively. The crop coefficient for papaya using the reference evapotranspiration methods during the blooming and fruition periods change from 0.81 to 1.32.



## SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS.....	XII
LISTAS DE TABELAS.....	XIII
1 INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 A cultura do mamão.....	3
2.2 Condições ambientais.....	8
2.3 Balanço de radiação.....	10
2.4 Balanço de energia.....	12
2.5 Evapotranspiração.....	13
2.6 Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência.....	15
2.7 Métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura.....	16
2.8 Resistência aerodinâmica.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Características climatológicas.....	19
3.2 Observações agrometeorológica na cultura do mamão.....	21
3.2.1 Características da cultura.....	23
3.3 Determinação da evapotranspiração de referência.....	24
Método de Linacre.....	24
Método da Radiação.....	25
Método do Tanque Classe A.....	26
Método de Penman-Monteith.....	27
3.4 Determinação da evapotranspiração da cultura do mamão.....	28
Método do Balanço de energia.....	28
Método de Penman-Monteith.....	30
3.5 Determinação do coeficiente da cultura do mamão.....	32
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Características agrometeorológicas de regiões de Alagoas.....	33
4.1.1 Microrregião de Água Branca.....	33
4.1.1.1 Balanço de radiação em Água Branca.....	35
4.1.1.2 Evapotranspiração de referência em Água Branca.....	36

4.1.2	Microrregião de Pão de Açúcar.....	38
4.1.2.1	Balanço de radiação em Pão de Açúcar.....	40
4.1.2.2	Evapotranspiração de referência em Pão de Açúcar.....	41
4.1.3	Microrregião de Palmeira dos Índios.....	43
4.1.3.1	Balanço de radiação em Palmeira dos Índios.....	43
4.1.3.2	Evapotranspiração de referência em Palmeira dos Índios.....	45
4.1.4	Microrregião de Rio Largo.....	48
4.1.4.1	Balanço de radiação em Rio Largo.....	50
4.1.4.2	Evapotranspiração de referência em Rio Largo.....	51
4.1.5	Microrregião de Porto de Pedras.....	53
4.1.5.2	Balanço de radiação em Porto de Pedras.....	55
4.1.5.3	Evapotranspiração de referência em Porto de Pedras.....	56
4.2	Avaliação agrometeorológica para cultura do mamão.....	60
4.3	Análise micrometeorológica em cultivo de mamão no Pilar.....	64
4.3.1	Descrição meteorológica.....	64
4.3.2	Balanço de energia horário.....	68
4.3.3	Evapotranspiração de referência média diária.....	77
4.3.4	Balanço de energia diário.....	82
4.3.5	Razão Bowen diária.....	83
4.3.6	Evapotranspiração da cultura média diária pelo balanço de energia.....	83
4.3.5	Coefficiente da cultura obtido pelo balanço de energia.....	84
4.3.6	Evapotranspiração da cultura diária por Penman-Monteith.....	85
4.3.7	Coefficiente da cultura por Penman-Monteith.....	86
5	CONCLUSÕES.....	88
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

## LISTAS DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Distribuição da área cultivada e da produção de mamão no Brasil.	5
<b>Figura 2.</b>	Variedades de mamão...	5
<b>Figura 3.</b>	Localização no Estado de Alagoas dos municípios de Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo, Porto de Pedras e Pilar	20
<b>Figura 4.</b>	Estação automática montada num cultivo de mamão no município de Pilar -AL	22
<b>Figura 5.</b>	Croqui do local escolhido para instalar a estação automática	23
<b>Figura 6.</b>	Distribuição dos percentis médios diários decendiais de insolação (a), temperatura máxima do ar (b), temperatura mínima do ar (c), umidade relativa do ar (a), velocidade do vento (b) e totais decendiais precipitação pluvial (c) esperados a 25, 50, e 75% de probabilidade em Água Branca - AL	34
<b>Figura 7.</b>	Estimativa decendial do Balanço de radiação ( $R_o$ é a radiação no topo da atmosfera; $R_l$ é o saldo de radiação de ondas longas, $R_c$ é o saldo de radiação de ondas curtas e $R_g$ é a radiação solar global) na localidade de Água Branca - AL	35
<b>Figura 8.</b>	Evapotranspiração de referência máxima diária anual e sua curva de tendência na região de Água Branca - AL	36
<b>Figura 9.</b>	Evapotranspiração de referência decendial esperada a 25, 50, e 75% de probabilidade na região de Água Branca - AL	37
<b>Figura 10.</b>	Valores decendiais de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), termo energético ( $ET_{0e}$ ) e termo aerodinâmico ( $ET_{0a}$ ) na região de Água Branca - AL	37

<b>Figura 11.</b>	Distribuição dos percentis diários decendiais de duração do brilho solar (a), temperatura do ar máxima (b), temperatura do ar mínima (c), umidade relativa do ar (d), velocidade do vento (e) e totais decendiais precipitação pluvial (f) esperados a 25, 50, e 75% de probabilidade em Pão de Açúcar – AL.....	39
<b>Figura 12.</b>	Estimativa decendial do Balanço de radiação ( $R_o$ é a radiação no topo da atmosfera; $R_l$ é o saldo de radiação de ondas longas; $R_c$ é o saldo de radiação de ondas curtas e $R_g$ é a radiação solar global) na localidade de Pão de Açúcar – AL.....	40
<b>Figura 13.</b>	Evapotranspiração de referência máxima diária anual e sua curva de tendência na região de Pão de Açúcar – AL.....	41
<b>Figura 14.</b>	Evapotranspiração de referência decendial esperada a 25, 50, e 75% de probabilidade na região de Pão de Açúcar – AL.....	42
<b>Figura 15.</b>	Valores decendiais de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), termo energético ( $ET_{0e}$ ) e termo aerodinâmico ( $ET_{0a}$ ) na região de Pão de Açúcar – AL.....	43
<b>Figura 16.</b>	Distribuição dos percentis diários decendiais de duração do brilho solar (a), temperatura do ar máxima (b), temperatura do ar mínima (c), umidade relativa do ar (d), velocidade do vento (e) e totais decendiais precipitação pluvial (f) esperados a 25, 50, e 75% de probabilidade em Palmeira dos Índios – AL.....	44
<b>Figura 17.</b>	Estimativa decendial do Balanço de radiação ( $R_o$ é a radiação no topo da atmosfera; $R_l$ é o saldo de radiação de ondas longas, $R_c$ é o saldo de radiação de ondas curtas e $R_g$ é a radiação solar global) na localidade de Palmeira dos Índios – AL.....	45
<b>Figura 18.</b>	Evapotranspiração de referência máxima diária anual e sua curva de tendência na região de Palmeira dos Índios – AL.....	46
<b>Figura 19.</b>	Evapotranspiração de referência diária decendial esperada a 25, 50 e 75% de probabilidade na região de Palmeira dos Índios – AL.....	46
<b>Figura 20.</b>	Valores de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), termo energético ( $ET_{0e}$ ) e termo aerodinâmico ( $ET_{0a}$ ) na região de Palmeira dos Índios – AL.....	47

<b>Figura 21.</b>	Distribuição dos percentis decendiais de duração de horas de sol (a), temperatura do ar máxima (b), temperatura do ar mínima (c), umidade relativa do ar (d), velocidade do vento a dois metros de altura (e) e totais decendiais precipitação pluvial (f) esperados a 25, 50, e 75% de probabilidade em Rio Largo – AL.....	49
<b>Figura 22.</b>	Estimativa decendial do Balanço de radiação ( $R_o$ é a radiação no topo da atmosfera; $R_l$ é o saldo de radiação de ondas longas; $R_c$ é o saldo de radiação de ondas curtas e $R_g$ é a radiação solar global) na localidade de Rio Largo – AL.....	50
<b>Figura 23.</b>	Evapotranspiração de referência máxima diária anual e sua curva de tendência na região de Rio Largo – AL.....	51
<b>Figura 24.</b>	Evapotranspiração de referência média diária decendial esperada a 25, 50 e 75% para a região de Rio Largo – AL.....	52
<b>Figura 25.</b>	Valores decendiais de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), termo energético ( $ET_{0e}$ ) e termo aerodinâmico ( $ET_{0a}$ ) na região de Rio Largo – AL.....	52
<b>Figura 26.</b>	Distribuição dos percentis diários decendiais de duração do brilho solar (a), temperatura do ar máxima (b), temperatura do ar mínima (c), umidade relativa do ar (d), velocidade do vento (e) e totais decendiais precipitação pluvial (f) esperados a 25, 50, e 75% de probabilidade em Porto de Pedras – AL.....	54
<b>Figura 27.</b>	Estimativa decendial do Balanço de radiação ( $R_o$ é a radiação no topo da atmosfera; $R_l$ é o saldo de radiação de ondas longas; $R_c$ é o saldo de radiação de ondas curtas e $R_g$ é a radiação solar global) na localidade de Porto de Pedras – AL.....	55
<b>Figura 28.</b>	Evapotranspiração de referência máxima diária anual e sua curva de tendência para a região de Porto de Pedras– AL.....	56
<b>Figura 29.</b>	Evapotranspiração de referência decendial esperada a 25, 50 e 75% de probabilidade para região de Porto de Pedras – AL.....	57
<b>Figura 30.</b>	Valores decendiais de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), termo energético ( $ET_{0e}$ ) e termo aerodinâmico ( $ET_{0a}$ ) na região de Porto de Pedras – AL.....	57

<b>Figura 31.</b>	Distribuição dos totais diários e a curva de tendência da precipitação pluvial (a), temperatura da superfície ou da copa do mamão (b) e temperatura do ar a 0,5 e 2,0 m de altura (c) no período do de 20/01 a 10/05/2001 em Pilar- AL.....	66
<b>Figura 32.</b>	Distribuição diária da temperatura do solo a 20 e 30 cm de profundidade (a) e da temperatura média do solo e sua curva média (b) no período do de 20/01 a 10/05/2001 em Pilar- AL.....	67
<b>Figura 33.</b>	Distribuição diária da umidade relativa do ar a 0,5 e 2,0 m de altura (a) e da velocidade do vento e sua curva média (b) no período do de 20/01 a 10/05/2001 em Pilar- AL.....	69
<b>Figura 34.</b>	Balanço de energia horário na cultura do mamão para o dia 84 (25/03/2001) em Pilar- AL.....	70
<b>Figura 35.</b>	Balanço de energia horário na cultura do mamão para o dia 93 (03/04/2001) em Pilar- AL.....	72
<b>Figura 36.</b>	Balanço de energia horário na cultura do mamão para o dia 63 em Pilar- AL.....	74
<b>Figura 37.</b>	Balanço de energia horário na cultura do mamão para o dia 125 em Pilar- AL.....	76
<b>Figura 38.</b>	Evapotranspiração de referência diária pelo método Linacre ( $ET_{oLm}$ ), Radiação ( $ET_{oRad}$ ) e Tanque Classe A ( $ET_{oTCA}$ ) em Pilar - AL ..	79
<b>Figura 39.</b>	Evapotranspiração de referência diária pelo método de Penman-Monteith com saldo de radiação estimado (a) e medido (b) no ano 2001 em Pilar - AL.....	80
<b>Figura 40.</b>	Balanço de energia na cultura do mamão em 2001, Pilar -AL.....	82
<b>Figura 41.</b>	Razão de Bowen diária na cultura do mamão em 2001, Pilar -AL.....	83
<b>Figura 42.</b>	Evapotranspiração cultura do mamão ( $ET_c$ ) diária obtida pela razão de Bowen em 2001, na localidade do Pilar -AL.....	84
<b>Figura 43.</b>	Evapotranspiração da cultura do mamão ( $ET_c$ ) diária obtida pelo método Penman-Monteith e sua curva de tendência em 2001 na região de Pilar- AL.....	86

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	<i>Localidades do estado de Alagoas, suas coordenadas geográficas e período de observação dos dados meteorológica precipitação pluvial, brilho solar, temperatura máxima do ar, temperatura mínima do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento em cinco localidade de Alagoas.....</i>	20
<b>Tabela 2.</b>	<i>Elementos meteorológicos e totais de precipitação pluvial esperados a 75% de probabilidade durante as estações chuvosa e seca nas localidades de Água Branca (AB), Pão de Açúcar (PA), Palmeira dos Índios (PI), Rio Largo (RL) e Porto de Pedras (PP).....</i>	59
<b>Tabela 3.</b>	<i>Comparação entre as necessidades agrometeorológicas da cultura do mamão com as condições meteorológicas esperadas a 50 e 75% de probabilidade na microrregião de Água Branca - AL. . . . .</i>	60
<b>Tabela 4.</b>	<i>Comparação entre as necessidades agrometeorológicas da cultura do mamão com as condições meteorológicas esperadas a 50 e 75% de probabilidade na microrregião de Pão de Açúcar - AL. . . . .</i>	61
<b>Tabela 5.</b>	<i>Comparação entre as necessidades agrometeorológicas da cultura do mamão com as condições meteorológicas esperadas a 50 e 75% de probabilidade na microrregião de Palmeira dos Índios - AL. . . . .</i>	62
<b>Tabela 6.</b>	<i>Comparação entre as necessidades agrometeorológicas da cultura do mamão com as condições meteorológicas esperadas a 50 e 75% de probabilidade na microrregião de Rio Largo - AL. . . . .</i>	63
<b>Tabela 7.</b>	<i>Comparação entre as necessidades agrometeorológicas da cultura do mamão com as condições meteorológicas esperadas a 50 e 75% de probabilidade na microrregião de Porto de Pedras - AL. . . . .</i>	64

<b>Tabela .8</b>	Utilização de saldo de radiação no fluxo de calor sensível (H/Rn) e fluxo de calor latente de evaporação (LE/Rn), razão de Bowen ( $\beta$ ) e evapotranspiração da cultura horária no dia 84 em Pilar- AL. ....	71
<b>Tabela .9</b>	Utilização de saldo de radiação no fluxo de calor sensível (H/Rn) e fluxo de calor latente de evaporação (LE/Rn), razão de Bowen ( $\beta$ ) e evapotranspiração da cultura horária no dia 93 em Pilar- AL.....	73
<b>Tabela .10</b>	Utilização de saldo de radiação no fluxo de calor sensível (H/Rn) e fluxo de calor latente de evaporação (LE/Rn), razão de Bowen ( $\beta$ ) e evapotranspiração da cultura horária no dia 63 em Pilar- AL. ....	75
<b>Tabela .11</b>	Utilização de saldo de radiação no fluxo de calor sensível (H/Rn) e fluxo de calor latente de evaporação (LE/Rn), razão de Bowen ( $\beta$ ) e evapotranspiração da cultura do mamão horária no dia 125 em Pilar- AL.	77
<b>Tabela .12</b>	Os máximos (Max), médios (Med), mínimos (Min) e desvios padrões (Dsvpd) das evapotranspirações de referência obtidos pelos métodos de Linacre, Radiação, Tanque classe A, Penman-Monteith com saldo de radiação estimado e Penman-Monteith com saldo de radiação durante o ano de 2001 na localidade do Pilar - AL. ....	81
<b>Tabela .13</b>	Valores máximos (Max), médios (Med), mínimos (Min) e desvios padrões (Dsvpd) dos coeficientes da cultura diários obtidos com a evapotranspiração da cultura pelo método da Razão de Bowen com a evapotranspiração de referência pelo método de Linacre, Radiação, Tanque classe A, Penman-Monteith com saldo de radiação estimado e Penman-Monteith com saldo de radiação medido em 2001 na região do Pilar - AL.....	85
<b>Tabela .14</b>	Valores máximos (Max), médios (Med), mínimos (Min) e desvios padrões (Dsvpd) dos coeficientes diários da cultura do mamão obtidos com a evapotranspiração da cultura pelo método de Penman-Monteith com a evapotranspiração de referência pelo método de Linacre, Radiação, Tanque classe A, Penman-Monteith com saldo de radiação estimado e Penman-Monteith com saldo de radiação medido em 2001 na região do Pilar - AL.....	87



## 1. INTRODUÇÃO

A agropecuária constitui-se numa das principais bases de sustentação da economia nacional. A agricultura sobretudo a de sequeiro é a que mais sofre com as influências das condições meteorológicas: variações na temperatura do ar, umidade relativa do ar, na velocidade dos ventos, na precipitação pluvial etc.

Em Alagoas, a região do sertão apresenta uma agricultura mais voltada para a sobrevivência do homem do campo e uma forte tradição na pecuária extensiva e de baixa tecnologia. A agropecuária no agreste apresenta uma produção mais diversificadas e voltado para o comércio. A zona da mata destaca-se por uma pecuária mais intensiva e pela monocultura da cana-de-açúcar tecnificada. A região litorânea tem sua economia baseada na indústria do turismo, na policultura nos pequenos latifúndios e na atividade pesqueira. Todas essas regiões tem a sua economia muito dependente das condições atmosféricas.

A climatologia influencia em outra atividade que vem crescendo muito ultimamente, a fruticultura. O Brasil foi no ano 1999 o principal produtor mundial de mamão (*Carica papaya L.*), com cerca de 1,9 milhões de toneladas, isto representou um crescimento de 154% em relação ao ano de 1990. A segunda posição, nessa categoria é ocupada pela Nigéria com 748 mil toneladas (IBGE, 1999). O mamão é uma das principais frutas consumidas no mundo, madura ou verdes em doces. É uma excelente fornecedora de vitaminas A, B, de fibras, ferro, cálcio e fósforo; sua baixa acidez permite que seja consumida por pessoas sensíveis e crianças nos primeiros meses de vida (Embrapa, 1994). A crescente demanda por essa fruta e o alto custo da água tem levado muitos produtores a procurar informações que possam auxiliá-los na implantação de projetos auto-sustentáveis de fruticultura irrigada.

O desenvolvimento de projeto agrícola dessa espécie requer que se disponha de informações meteorológicas precisas dos processos atmosféricos de superfície e sua atuação conjunta nessa atividade. A precipitação pluvial e a evapotranspiração são os principais parâmetros atmosféricos observado nesses projetos. E por sua vez, a evapotranspiração depende de fatores aerodinâmicos e energéticos, obtidos em função de algumas variáveis meteorológicas como a temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, brilho solar e evaporação. Estas estão relacionadas também com a produção, a qualidade e o manejo das culturas agrícolas. A evapotranspiração de referência tem uma importância mais acentuada nesses projetos por exigir alguns critérios na sua determinação. Essas informações são úteis para a realização de balanços hídricos, planejamento de cultivos agrícolas e elaboração de projetos de irrigação.

O conhecimento do comportamento dos fatores energéticos e hídricos têm aplicabilidade direta no desenvolvimento auto-sustentado de uma região; sendo utilizado em práticas agrícolas, planejamento racional da irrigação, uso adequado do solo, zonamento agrícola regional, impacto das variáveis meteorológicas sobre os cultivos agrícolas, proteção de plantas, atividades humanas, dentre outras. (Vianello e Alves, 1991).

Existe no meio científico uma diversidade de métodos para se estimar a evapotranspiração de referência de um local, como é o caso dos métodos do Tanque Classe A, Linacre e outros. A maioria destes métodos foi desenvolvido para outras regiões com condições ambientais diferentes das nossas e usando algumas das variáveis meteorológicas mais influentes e/ou disponíveis no momento. Por esse motivo, torna-se necessário que se faça um estudo que vise avaliar o potencial agrometeorológico do Estado para a produção da cultura e a evapotranspiração da cultura do mamão. Assim, este trabalho tem como objetivo:

- Avaliar as características climatológicas de cinco regiões de Alagoas relacionando-as com as exigências bioclimáticas da cultura do mamão;
- Analisar características meteorológicas sobre o cultivo de mamão na região de Pilar—AL;
- Determinar balanço de energia, evapotranspiração e coeficiente de cultura em mamão.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A cultura do mamão

Os mais importantes aspectos relativos a cultura do mamão são descritos nos trabalhos de Medina *et al* (1980), Duke (2002), OMM (1991), Badillo (1993), EMBRAPA (1994), Oliveira *et al.* (1995), Campbell (2002), IBGE (1999), FAO (2000).

O mamoeiro pertence à classe *Dicotyledoneae*, subclasse *Archichlamydeae*, ordem *Violales*, subordem *Caricineae* e família *Caricaceae* que compreende quatro gêneros: *Jarilla* (com uma espécie), *Cylicomorpha* (com duas espécies), *Jacaratia* (com seis espécies) e *Carica* (com vinte e duas espécies) das quais apenas a *C. papaya* tem importância econômica.

A *Carica papaya* L apresenta diversos nomes populares tais como: *papaya* (o fruto) e *papayo* (a planta) em espanhol; *papaye* e *papaye* em francês; *papaya*, *pawpaw* ou *papaw* em inglês; *melonenbaume* em alemão; *fruta bomba* em Cuba; *papaya calentana*, *fruta bomba* e *árbol de melón* na Colômbia; *papayo* e *mamón* na Argentina; *lechosa* e *papaya* na Venezuela; *melón zapote* e *papaya cimarrona* no México; *papao* ou *papaya* nas Antilhas Holandesas; *mamão* e *mamoeiro* no Brasil e *papai* no Haiti.

A fruta é originária da América do Sul, de onde se espalhou por todo o mundo tropical. As Antilhas já foram apontadas como o berço desta cultura, mas essa hipótese foi abandonada uma vez que na Antilhas não se encontram espécies em estado selvagem. O México e a América Central também foram apontados como possíveis locais de origem do mamão, com base nos relatos dos navegadores e na semelhança de espécies próximas e do mesmo gênero. Essa teoria foi descartada, pois não existe outras espécies do gênero, ou seja

no México e América Central encontra-se somente a *C. cauliflora* Jacq enquanto no Panamá a *C. microflora sp. heterophylla* Badillo. Acreditava-se também que esta planta tivesse sido originada na Ásia ou na África, mas na verdade a cultura foi disseminada pelos navegadores portugueses e espanhóis, que tiveram o seu trabalho facilitado pela grande capacidade de adaptabilidade da planta. Uma das provas que a planta foi introduzida no Brasil após o seu descobrimento é que não existe registro em língua tupi-guarani de nenhum vocábulo para a planta ou fruto.

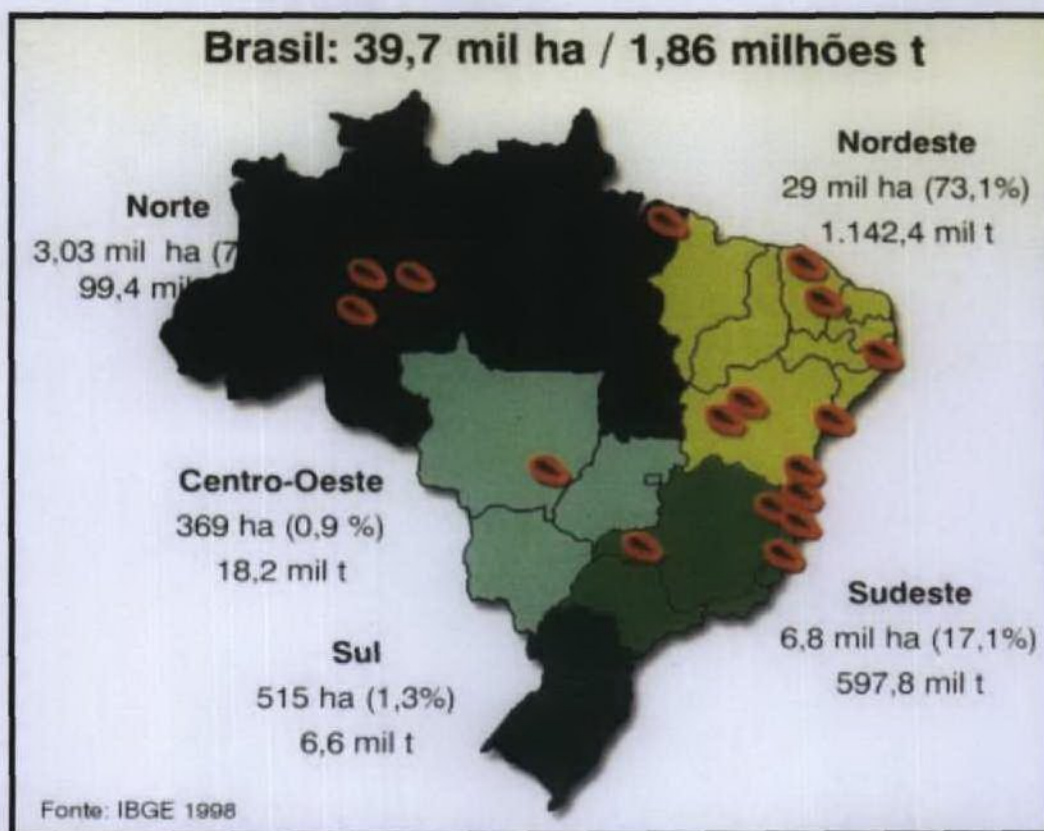
O grande número de espécies do mesmo gênero indica como centro de origem o noroeste da América do Sul, vertente oriental dos Andes, ou mais precisamente, a Bacia Amazônica Superior; onde ele mostra semelhanças muito comuns com outras espécies e máxima diversidade genética.

Já no início do século XVIII, tornou-se amplamente conhecida no Oriente, sendo agora muito cultivada na Índia, Sri Lanka, no arquipélago Malaio e na maioria dos países asiáticos, nos países da América do Sul, Central, Antilhas, África, Havai e Austrália para abastecer mercados locais e de exportação.

Atualmente, está sendo cultivada entre as latitudes 32° norte e 32° sul. Dentre as culturas tropicais, esta foi aquela cuja produção apresentou mais significativo crescimento durante os últimos 10 anos. Neste período, o volume produzido passou de 3,5 milhões de toneladas, em 1990, para 5 milhões, em 1999, representando um incremento de 41% (IBGE, 1999).

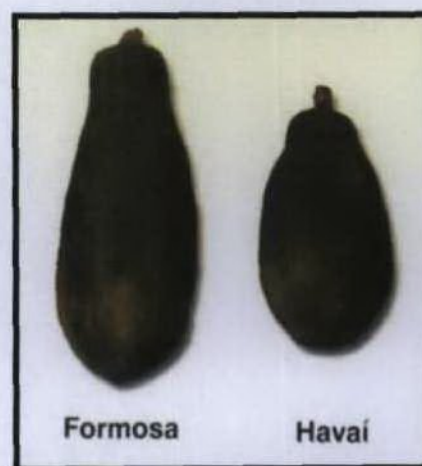
O cultivo do mamão tornou-se, atualmente bastante comum em todo o território brasileiro ocupando uma área de 39.700 ha, com uma produção anual estimada em 1.860.000 toneladas, como pode ser visto na Figura 1. A cultura ocupa na região norte do país uma área de 3,03 mil ha (7,6% do território Nacional) e uma produção de 99,4 mil toneladas por ano. A região nordeste possui uma área cultivada de 29 mil ha (73,1% do território Nacional) e uma produção de 1.142,4 mil toneladas ano. A região sudeste cultiva 6,8 mil ha de mamão (17,1% do território Nacional) com uma produção anual de 597,8 mil toneladas. A região sul tem uma área de cultivada 515 ha (1,3% do território Nacional) e produção de 6,6 mil toneladas por ano. E por último, o centro-oeste apresenta uma área de mamão de 369 ha (0,9% do território Nacional) correspondendo a uma produção anual de 18,2 mil toneladas (IBGE, 1998).

O mercado interno absorve a maior parte da produção brasileira de mamão, isto pode ser confirmado pelo volume de exportações que não chega a 5% do total produzido. A produtividade média nacional é da ordem de 40 t/ha/ano para as variedades do grupo Solo ou Havai e de 60 t/ha/ano para as variedades do grupo Formosa.



**Figura 1.** Distribuição da área cultivada e da produção de mamão no Brasil.

A produção nacional de mamão está baseada em dois grupos: o Formosa, que se destina principalmente ao mercado interno, e o Havai, tanto ao mercado interno como o externo que podem ser vistos na Figura 2. Os estados da Bahia e do Espírito Santo destacaram-se como maiores produtores nacionais, sendo responsáveis por cerca de 87% da produção. O estado da Bahia é o principal produtor de mamão Havai, não certificado para exportação nacional. O Espírito Santo é o maior produtor deste grupo, destinado à exportação.



**Figura 2.** Variedades de mamão.

A planta é descrita como sempre verde, de crescimento rápido e curta duração, de 3 a 8 m altura. O Tronco com até 30 cm de diâmetro, é geralmente indiviso, herbáceo-lenhoso, fistulosos, suculento, com látex ralo e leitoso, ereto, marcado por grandes cicatrizes foliares, largas e quase horizontais.

As Folhas alternas, grandes (até 70 cm de diâmetro), longo-pecioladas, as superiores eretas e expandidas; pecíolos fistulosos, cilíndricos, geralmente de 50 a 70cm de comprimento, às vezes até 1 m, outras vezes mais curtos, verde-pálidos, às vezes vermelhos-vinosos; lâminas ovais ou orbiculares, 7 a 13 nervuras, profundamente palmatilobadas, geralmente de 7 a 13 lobos, inteiros ou sinuado-lobados, verde claro-mate na face superior e verde pálido na face inferior, cobertas com material ceroso.

A Inflorescências masculina axilares, em ráculos laterais, cimeiras ou panículas pêndulas, geralmente longo-pedunculadas (10 a 20cm), multifloras, geralmente de 50 a 100 cm de comprimento, ráquis e ramos glabros.

As Flores masculinas são pedunculadas, branco-cremosas, verde amareladas ou amarelas, perfumadas; corola tubulosa ou ligeiramente afunilada, curta, 5-lobada; lobos fortemente torcidos sobrepondo-se na prefloração; estames 10, amarelados, dispostos em duas séries alternas sobre a garganta do tubo da corola, filetes filiformes e anteras longitudinalmente deiscente; pistilo ausente ou rudimentar.

As Inflorescências femininas são axilares, unifloras ou em cimeiras curto-pedunculadas (1 a 2cm) paucifloras, a ráquis glabra, ou às vezes, muito densa e diminutamente pubescente, brácteas inconspícuas.

As Flores femininas são grandes, campanuladas, curto-pediceladas, branco-cremosas, amarelo-pálidas ou evidentemente amarelas; corolas profundamente 5-partidas, pétalas carnosas, lanceoladas, quase livres, de 5 a 7 cm de comprimento e 1,5 a 2,5 cm de largura, torcidas e sobrepondo-se na prefloração; pistilo amarelo-pálido, de 2 a 3 cm de comprimento, com ovário grande, elíptico ou redondo, unilocular, multiovulado, placentação parietal, com 5 estimas ramificados.

O Fruto é do tipo baga, ovóide, esférico-piriforme, desde pequeno até muito grande, liso ou obscuramente, cinco angulado, de polpa amarela, alaranjada ou vermelha, macia, aromática, doce ou ligeiramente insípida, com suco leitoso e de 2,5 a 5 cm de

espessura, rodeando uma cavidade central grande, contendo numerosas sementes nigrescentes, quase globosas, de 5 a 7 mm de comprimento, sarcotesta mucilaginosa, lisa, picante; esclerotesta com numerosas protuberâncias irregularmente dentadas, a modo de cristas lameliformes, dispostas longitudinalmente ou as vezes não desenvolvidas.

A cultura do mamoeiro, no Brasil, está sustentada numa estreita base genética, sendo bastante limitado o número de cultivares plantadas nas principais regiões produtoras. De forma geral, conforme as características do fruto, as cultivares (variedades) de mamoeiro são classificadas em dois grupos: Formosa e Solo ou Havai.

As cultivares do grupo Solo são materiais geneticamente uniformes, consistindo de linhagens puras fixadas por sucessivas gerações de autofecundação. São amplamente utilizadas no mundo, havendo no Brasil o predomínio de duas cultivares: 'Sunrise Solo' e 'Improved Sunrise Solo cv. 72/12'. Existem outras cultivares, a exemplo da 'Kapoho Solo', 'Waimanalo', 'Higgins' e 'Baixinho de Santa Amália', porém ainda pouco avaliadas sob as condições brasileiras.

O grupo Formosa abrange híbridos  $F_1$  sintetizados pela Estação Experimental Fengshan, em Formosa, como o 'Tainung nº 1' e 'Tainung nº 2', além de cultivares selecionadas pela Estação Experimental de Fruticultura Tropical da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA), em Conceição do Almeida, a exemplo das cultivares Tailândia, JS1 e JS2.

Uma cultivar é considerada produtiva quando produzir entre 15 e 20 kg de frutos/planta no primeiro ano de colheita. Outro critério de seleção para plantas produtivas de mamoeiros do grupo Solo, a produção de 80 frutos perfeitos (40kg) aos 12 meses após o plantio. Atualmente, comenta-se que, se após nove meses do plantio, a planta tiver mais de 70 frutos, pode-se prever uma produtividade comercial em torno de 40t/ha/ano.

O mamoeiro é planta de clima tropical que necessita em média para o seu ótimo desenvolvimento de: uma precipitação pluvial anual entre 1.200 e 1.500mm, temperatura do ar variando entre 17 a 38°C, umidade relativa do ar acima de 70%, duração do brilho solar de mais 6 horas e intensidade de velocidade do vento inferior a  $7\text{ms}^{-1}$  (O. M. M., 1991).

Por ser uma planta de plena luz, a qualidade dos frutos está ligada à insolação e a temperatura que devem ser elevadas. Apesar disso, entre as fase de semeio e enquanto as

mudas estiverem se estabelecendo, antes do plantio no local definitivo uma diminuição da iluminação irá favorecer a sua germinação e o seu desenvolvimento. A vida útil da cultura é de quatro anos, com início da produção no segundo ano.

Em relação ao solo, a planta não é muito exigente quanto a qualidade do solo, mas ela prefere os solos leves, úmidos e bem drenados; tendo seu desenvolvimento afetado em locais de água parada com pH entre 6,0 a 6,5. Sugere-se que a cultura seja plantada no espaçamento 3 por 3 metros o que exigirá 1.200 mudas de mamão.

A sua necessidade pluviométrica varia de 1.500 a 2.000 mm bem distribuída ao longo do ano ou de irrigações em função dos períodos de secas; constituindo-se assim numa espécie bastante exigente em água. A produção esperada nessas condições é de vinte a trinta toneladas. Geralmente se usa uns 800 Kg de fertilizante e 2 litros de defensivos. Em termos de mão de trabalho na área são necessários 150 h/d (Horas de trabalho de homem por dia) e 7 h/m (horas de trabalho por máquina).

## 2.2 Condições ambientais

Muitos pesquisadores têm publicado vários trabalhos que mostram a importância da água para o desenvolvimento de qualquer sistema agrícola. A maior parte dos organismos vivos é constituída de água; e o principal mecanismo natural de restabelecimento dos recursos hídricos na superfície terrestre, é a precipitação pluvial, no caso das regiões tropicais.

A implantação de um projeto agropecuário numa região é determinada pela quantidade e distribuição da sua precipitação pluvial ao longo do ano. As regiões tropicais geralmente enfrentam sérios problemas relacionados a pequena quantidade e a má distribuição das chuvas. O excesso ou falta desta, tão comum nos trópicos causa grandes prejuízos a agricultura local; exigindo assim um melhor conhecimento das disponibilidades de água para as culturas agrícolas (Ommetto, 1981; Bello, 1986; Prates et al, 1986).

A avaliação das necessidades hídricas da cultura, não deve ser feita apenas em função da precipitação pluvial; precisa levar em consideração também o seu processo inverso, a evapotranspiração que constitui um dos componentes básicos do ciclo hidrológico. A necessidade hídrica da cultura e a quantidade de água disponível no solo são outros dois



elementos importantes no balanço hídrico das culturas agrícolas, que interessam a vários campos do conhecimento científico que tratam do manejo sustentado da água (Bergamaschi, 1992).

A caracterização climática de uma região exerce um importante papel na determinação das necessidades hídricas das culturas, na disponibilidade de água no solo e outros processo envolvendo trocas de massa e energia no sistema solo-planta-atmosfera.

A temperatura do ar é um dos elementos meteorológicos que mais afeta o crescimento e desenvolvimento dos seres vivos, controlando suas fases fenológicas e sua distribuição na superfície da Terra. As medidas de longos períodos de variação anual e diurna da temperatura do ar estão freqüentemente disponíveis em todas as partes do mundo, precisando ser bem caracterizadas para que se possa realizar trabalhos como o de determinação da aptidão agrícola de uma região.

Fisicamente a temperatura é definida como o grau de movimentação das moléculas ou átomos de um material ou substância – quanto mais rápido o movimento, maior a temperatura. Ela, ao lado da precipitação pluvial, é provavelmente o elemento meteorológico mais discutido ultimamente, devido à algumas afirmações de que a temperatura média do ar do Planeta está aumentando. A temperatura do ar apresenta ainda dificuldades para ser definida precisamente tanto para leigos como para alguns peritos. Um dos motivos para isso, é que em medidas de temperatura do ar, do solo ou de outros materiais nós podemos apenas esperar obter alguns valores que representam o estágio térmico médio destes corpos, isso se a metodologia de obtenção de dados for adequadamente representativa.

Na superfície terrestre a temperatura do ar é determinada pelo balanço energia; isto é, a diferença entre a energia radiante que chega e a que sai, a energia que age na transformação de calor sensível em calor latente na relação terra-ar. Essa última está diretamente relacionada com a temperatura nas camadas de ar próximas da superfície.

A umidade em vapor ou gás que constitui a conhecida umidade relativa do ar é responsável pela formação das nuvens e dos nevoeiros e a água no seu estado sólido ou líquido forma também as precipitações atmosféricas – chuva, neve, granizo, etc. Um dos constituintes do ar atmosférico, o vapor d'água tem como característica, ser variável em quantidade, de acordo com a disponibilidade de água no local e energia do meio. Apesar de ser um elemento variável em tempo e espaço é extremamente importante, tanto no aspecto

físico associado as suas características moleculares, como no aspecto fisiológico, decorrente de sua dependência para seres vivos. A concentração de vapor d'água na atmosfera é pequena, chegando no máximo a 4% em volume, mas é extremamente variável em função das mudanças de fases, nas condições atmosféricas reinantes, em particular da temperatura.

A insolação ou horas de brilho solar tem um lugar de destaque na realização de muitas das reações bioquímicas nos organismos inclusive na principal delas que é a fotossíntese. Sua importância pode ser vista nos trabalhos que evidenciam que em dada intensidade de radiação, a taxa de crescimento da planta aumenta com o índice de área foliar, até um máximo, para depois decrescer. O número de horas de brilho solar que houve durante o dia, é medido por meio de um instrumento chamado heliógrafo (Ometto, 1981).

O vento resulta da diferença na pressão atmosférica de alguns locais. Esta pressão pode se desenvolver como o resultado da diferença na temperatura do ar ou na quantidade de um nível mais elevado de convergência ou divergência no fluxo de ar. O gradiente de pressão tende a se estabilizar e o ar irá mover-se em resposta a este gradiente. Essa quantidade de movimento pode ser transferida aos obstáculos que se interpõem na sua trajetória, provocando danos de diversas intensidades ao "Momentum" transferido. Em uma cultura, os danos vão desde um estímulo excessivo a evapotranspiração até o efeito mecânico de quebra de folhas, galhos, tombamento de plantas e até arrancamento de árvores (Ometto, 1981).

### **2.3 Balanço de radiação**

A fonte de energia disponível na superfície da terra que mais afeta a disponibilidade hídrica para as culturas é o saldo de radiação ( $R_n$ ). Este atua nos processos de perda de água, aquecimento do ar e do solo, no acúmulo de matéria seca pelos vegetais através da fotossíntese e na caracterização de seu microclima (Stanhill et al apud Souza, 1996). E a magnitude do saldo de radiação varia em função da latitude, altitude, época do ano, cobertura de nuvens, composição da radiação incidente, propriedades espectrais da cultura, grau de cobertura do solo pela cultura, disponibilidade hídrica do solo, temperaturas da superfície e da atmosfera (Cunha *et al*, 1993).

O saldo de radiação é dado por

$$R_n = R_{boc} + R_{bol} \quad (1)$$

onde  $R_{boc}$  é o balanço de radiação de ondas curtas e  $R_{bol}$  é o balanço de ondas longas.

A radiação solar encontra-se principalmente dentro do intervalo de comprimento de onda de 0,25 a 4  $\mu\text{m}$  (99% do total de radiação solar que chega está nesse intervalo). Na prática, os instrumentos que medem radiação de ondas curtas geralmente o fazem no intervalo de comprimento de onda de 0,3 a 3  $\mu\text{m}$ . A densidade do fluxo de radiação varia significativamente de uma região para outra dependendo da estação do ano, hora do dia e topografia local. A radiação solar de ondas curtas pode ser dividida em duas componentes: a direta e a difusa. A radiação solar difusa é a parte da radiação solar que foi espalhada por moléculas de gás e partículas em suspensão na atmosfera e alcança a superfície vinda de múltiplas direções. A radiação solar direta é a parte radiação solar que alcança a superfície do solo em feixes relativamente paralelo. O balanço de radiação de ondas curtas pode ser computado pelas equações

$$R_{boc} = R_{oc} \downarrow + R_{oc} \uparrow \quad (2)$$

ou

$$R_{boc} = (1 - r) R_{oc} \downarrow \quad (3)$$

onde  $R_{boc}$  é o balanço de radiação de ondas curtas;  $R_{oc} \downarrow$  é a radiação solar de ondas que chega a uma superfície;  $R_{oc} \uparrow$  é a radiação solar refletida e  $r$  é a reflectividade da superfície ou albedo

$$r = \frac{R_{oc} \uparrow}{R_{oc} \downarrow} \quad (4)$$

onde  $r$  é adimensional.

A distribuição e a densidade de plantio numa área agrícola cultivada também é controlada pelo saldo de radiação disponível. Este interfere nas trocas gasosas e de calor no sistema solo-planta-atmosfera por alterar o seu balanço de energia.

## 2.4 Balanço de energia

O balanço de energia mostra como o saldo de radiação é utilizado nas transformações físico-químicas da superfície terrestre. Portanto, o balanço de energia é dado por

$$R_n = H + \lambda E + G + F + M \quad (5)$$

onde o  $R_n$  é o saldo de radiação;  $H$  é o fluxo de calor sensível para o aquecimento do ar;  $\lambda E$  é o fluxo de calor latente para a evaporação da água contida no solo, nos corpos d'água e nos seres vivos;  $G$  é o fluxo de calor no solo;  $F$  é a energia fixada nas plantas pela fotossíntese e  $M$  é a biomassa armazenada pelas plantas.

A porção do saldo de radiação utilizada pela fotossíntese e fixada na biomassa geralmente é desconsiderada; pois, na maioria das vezes, elas contribuem muito pouco no balanço de energia de um local. Estima-se em 3% a porção do saldo de radiação utilizada na fotossíntese. E com relação a armazenada na biomassa essa porção vai depender do porte e do tipo da vegetação, geralmente desprezível (Pereira et al, 1997). A densidade de fluxo de calor no solo é governada pela natureza do material que compõe o solo o qual altera o efeito da temperatura média diária dos perfis do solo. A densidade de fluxo de calor no solo é considerada para período diário como sendo igual a zero e para períodos horários ela é estimada como sendo igual a dez por cento do saldo de radiação (Allen et al, 1998).

Estima-se que o saldo de radiação consumido nos processos evaporativos em superfícies úmidas varia de 70 a 80% (Seeman et al, 1979). Na floresta amazônica o fluxo de calor latente varia de 70 a 90% (Molion, 1992). Em amendoim irrigado (*Arachis hypogaea* L.), o fluxo de calor latente representou mais de 93% do saldo de radiação (Oliveira et al, 1997). Em soja de sequeiro e irrigada o fluxo de calor latente de evaporação representou a maior parte do saldo de radiação, sendo 95% na parcela irrigada e 78% na parcela não irrigada. E para o fluxo de calor no solo, essa porção foi de 2% e 7% para as parcelas irrigadas e não irrigada, respectivamente (Fotana, 1991). Em Petrolina – PE, num balanço de energia diário em uva irrigada foi utilizado 82%, 13% e 5% do saldo de radiação nos fluxos de calor latente, fluxo de calor sensível, fluxo de calor no solo, respectivamente (Texeira et al, 1997).

Bowen em 1926 propôs uma razão entre os fluxos de calor sensível e o fluxo de calor latente, a qual era função dos gradientes verticais de temperatura do ar ( $dT/dz$ ) e de pressão de vapor ( $de/dz$ ). Ele considerou os coeficientes de difusão turbulenta vertical de calor sensível e vapor d'água similares. A grande popularidade desse método no meio científico, além de sua precisão e simplicidade é devido ao fato de não necessitar de dados sobre turbulência, velocidade do vento e propriedades aerodinâmicas da superfície (Villa Nova, 1973; Oke, 1978; Rosenberg et al., 1983; Stull, 1988; Prueger et al., 1997; Burba et al., 1999).

As condições hídricas do solo alteram os valores da razão de Bowen. A razão de Bowen apresentará valores pequenos quando o solo estiver úmido, demandando quase todo o saldo de radiação para o fluxo de calor latente de evaporação. Por outro lado, a razão de Bowen apresentará valores grande quando o solo estiver seco, o que demandará quase todo o saldo de radiação para o aquecimento do ar (Oke, 1978; Stull, 1988, Castro Teixeira et al., 1997; Pereira et al., 1997). Observou-se que a razão de Bowen varia de 2 a 6 em florestas temperadas e gramíneas, acima de 10 regiões semi-áridas e desertos, de 0,9 a 2,3 em milho, em torno de 0,2 em pomares irrigados e de aproximadamente 0,1 sobre o mar (Oke, 1978; Stull, 1988; Saucier et al., 1998).

## 2.5 Evapotranspiração

As perdas de água ocorridas diretamente da superfície terrestre (solo, rios, lagos e mares) para a atmosfera é comumente chamada de "Evaporação", enquanto que "Transpiração" se refere às perdas de água principalmente das plantas para a atmosfera. A evapotranspiração corresponde à soma evaporação e transpiração.

A evaporação é um processo bastante exigente em energia, sendo necessárias quinhentas e oitenta e cinco calorias para evaporar um grama de água à 20°C. A evaporação da água do solo é governada pelos mesmos elementos meteorológicos que influenciam a evaporação de uma superfície de água livre, pois a evaporação do solo nada mais é do que a evaporação da película de água que envolve as partículas de solo e que ocupa os espaços existentes entre as partículas de solo (Brady, 1989). A evaporação de uma superfície líquida, por outro lado, apresenta uma oportunidade ilimitada de evaporação em virtude de sua

disponibilidade de água. Uma forma comum de se obter medidas de evaporação é por utilizar equipamentos chamados evaporímetros como o tanque classe A. Este aparelho, em virtude do seu custo relativamente baixo e do fácil manejo, tem sido empregado em muitos projetos de irrigação. Ele tem a vantagem de medir a evaporação de uma superfície de água livre, associada as condições atmosféricas, de radiação solar, vento, temperatura do ar e da umidade relativa do ar (Berlato, 1981).

Os vegetais superiores dependem da transpiração, uma vez que esta atua no movimento de ascensão da água na planta e na realização dos seus processos metabólicos. A água serve como solvente e agente carreador dos nutrientes pré e pós processados através dos vasos condutores (Xilema e Floema) – responsável pela turgescência das células, o que permite as suas reações bioquímicas e ainda controlam a variação térmica dos tecidos (Raven et al, 1985).

O termo evapotranspiração potencial ( $ET_p$ ) foi usado pela primeira vez por Thornthwaite no século passado para definir a ocorrência simultânea dos processos de transpiração e evaporação de um extenso gramado, sem restrição hídrica, e em crescimento ativo. Nestas mesmas condições e com um gramada de 0,08 e 0,15 m de altura, a evapotranspiração usada para estimar a necessidade hídrica da cultura foi considerada como sendo de referência (Camargo & Camargo, 2000).

Aprimorado o conceito de evapotranspiração de referência definiu-se esta como sendo a de gramado hipotético, com altura de 0,12 m, albedo igual a 0,23, e resistência da superfície ao transporte de vapor d'água de  $70 \text{ sm}^{-1}$ . Um gramado nessas condições possui um índice de área foliar de aproximadamente  $3 \text{ m}^2$  de área foliar por cada metro quadrado de solo ocupado e assemelha-se a uma superfície verde sombreando totalmente o solo, bem suprida de umidade e em pleno desenvolvimento (Allen et al. 1998). No Brasil predomina o uso da grama batatais (*Paspalum notatum* Flügge), conhecida como grama forquilha ou "bahia grass", sendo também adotada como vegetação padrão nos postos agrometeorológicos (Alcântara & Bufarah, 1988).

A sedimentação desse conhecimento trouxe consigo outras formas de definir a evapotranspiração. Evapotranspiração real ( $ET_R$ ) definiu-se como sendo aquela que ocorre numa superfície vegetada, independente de sua área, porte e das condições de umidade do solo. Portanto, a evapotranspiração real é aquela que ocorre em qualquer circunstância, sem

imposição de qualquer condição de contorno. Esta pode ser limitada tanto pela disponibilidade de radiação solar como pelo suprimento de umidade pelo solo.

A evapotranspiração real pode ser definida como evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) quando a cultura de referência é uma cultura agrícola sobre condições padrões de manejo (Pereira, 1997). Esta também é chamada evapotranspiração máxima. O conhecimento desse parâmetro é fundamental para projetos de irrigação, pois representa a quantidade de água que deve ser reposta ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais. Apesar disso a sua determinação é difícil e sujeita a muitos erros. Essas dificuldades são contornadas com a utilização de estimativas de evapotranspiração de referência para gramado, corrigidas por um coeficiente de cultura ( $K_c$ ). Esse coeficiente de ajuste representa a razão entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência, e varia com a cultura e com seu estágio de desenvolvimento. Algumas vezes este é apresentado em tabelas (Doorenbos & Pruitt, 1977; Barbieri, 1981; Peres et al., 1992).

A evapotranspiração de referência é na maioria das vezes obtida a partir de estimativas, pois sua medida em campo feita através de lisímetros requer um grande investimento financeiro e em profissionais treinados. Os métodos de estimativas da evapotranspiração de acordo com os princípios envolvidos em seu desenvolvimento podem ser divididos em cinco categorias: correlação dos turbilhões (vortices), empíricos, aerodinâmicos, balanço de energia e combinados (Pereira et al. 1997).

## **2.6 Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência**

São muitos os métodos de estimativa da evapotranspiração e dentre este dar-se-á destaque aqui aos métodos de Linacre, Radiação, Tanque Classe A e Penman-Monteith.

Linacre propôs um método prático para estimar evapotranspiração de referência média diária mensal de uma área sem restrição hídrica, tendo como única variável local a ser considerada a temperatura do ar a dois metros de altura. Este método tem sido usado para períodos menores que um mês. Neste caso, a temperatura do ponto de orvalho deve ser estimada por uma equação com valores médios diários de temperatura do ar e umidade relativa do ar (Linacre apud Pereira, 1997).

O método da radiação ou método FAO – 24 da radiação, surgiu de uma adaptação do método de Makkink, que considera como variáveis a radiação solar expressa em equivalente de evaporação, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento medida a dois metros de altura (Doorenbos & Pruitt, 1977; Doorenbos & Kassam, 1994).

O método do tanque classe A para o cálculo de evapotranspiração de referência é bastante utilizado e recomendado pela FAO (Food Agricultural Organization). Este método usa a evaporação do tanque classe A, corrigida por um coeficiente ( $K_p$ ) que varia em função do tamanho e da natureza da área tampão, da velocidade do vento e da umidade relativa do ar (Doorenbos & Pruitt, 1977). E afim de permitir interpolação de valores tabelados e também o uso de sistemas automatizados de aquisição de dados, foi obtida uma equação de regressão que fornece o valor desse  $K_p$  (Snyder, 1992).

Um outro método que se destaca pela sua confiabilidade, sendo inclusive recomendado pela FAO (Smith, 1991) é o método de Penman-Monteith (Monteith, 1975) para o cálculo da evapotranspiração de referência. Este método é bastante eficaz por levar em consideração uma série de dados como o calor latente de vaporização, inclinação da curva da pressão de vapor saturado versus temperatura, saldo de radiação, fluxo de calor no solo, pressão de vapor saturado do ar, pressão de vapor do ar na altura  $z$ , temperatura do ar numa altura  $z$ , coeficiente psicrométrico modificado, velocidade do vento medida a dois metros de altura e uma constante e variáveis referentes da cultura como altura, área da copa e área foliar (Allen et al., 1989; Smith, 1991; Pereira et al., 1997).

Os procedimentos detalhados para obtenção da evapotranspiração de referência pelos métodos referidos e de seus parâmetros estão descritos na metodologia deste trabalho.

## **2.7 Métodos de estimativa da Evapotranspiração da cultura**

A escolha do método para estimativa da evapotranspiração de uma cultura agrícola baseia-se na precisão da estimativa, na resolução temporal mínima e na disponibilidade de dados meteorológicos para solução (Santos et al, 1994). Dentre os quais dar-se-á ênfase aqui aos métodos do Balanço de Energia pela Razão de Bowen e o Penman-Monteith usando a resistência da cultura.



O balanço de energia está estreitamente ligado ao balanço de água no solo por meio do fenômeno da evapotranspiração (Moura, 1992). O método do balanço de energia baseia-se no princípio de conservação de energia, onde o ganho é igual a perda. Este método é aplicado para a determinação da evapotranspiração da cultura através da quantificação dos fluxos de calor latente de evaporação, para intervalos de tempo iguais ou inferiores a um dia (Cunha, 1994). O mesmo tem sido usado nas mais diversas condições e tem mostrado resultados satisfatórios. Sua utilização depende sobretudo dos perfis médios de temperatura e umidade do ar da cultura durante um certo período de tempo (Hosseín Ashktorab et al, 1989).

Ao contrário de outras técnicas que utilizam a teoria do fluxo de gradiente, o balanço de energia não necessita de informações de velocidade do vento e propriedades aerodinâmicas da superfície, sendo que o cálculo dos fluxos independe das condições de estabilidade atmosférica quando se assume que os transportes turbulentos de vapor e calor sejam iguais. A principal exigência do método é que os gradientes de umidade do ar e temperatura sejam medidos dentro da camada limite ajustada (Heilman & Brittin, 1989).

Por utilizar as propriedades conservativas da sub-camada limite acima da superfície evaporante (camada limite ajustada), o método do balanço de energia, exige uma área tampão uniforme à barlavento para garantir que os fluxos horizontais não sejam significativos no processo (Sediyama, 1996).

A prática da irrigação tem interferido no balanço de energia entre a comunidade vegetal e a atmosfera circundante, aumentando a relação existente entre o fluxo de calor latente e o saldo de radiação ( $LE/R_n$ ) e diminuindo a relação entre o fluxo de calor sensível e o saldo de radiação ( $H/R_n$ ) (Teixeira et al., 1997).

O valor da razão de Bowen depende das condições hídricas da superfície evaporante. Se a superfície estiver umedecida, a maior parte do saldo de radiação será utilizada no fluxo de calor latente, resultando em um  $\beta$  pequeno. Se a superfície apresentar restrição hídrica, a maior parte do saldo de radiação será utilizada no aquecimento do ar, resultando em um  $\beta$  elevado (Pereira, 1997).

Um outro método que se destaca por sua confiabilidade é o método de Penman-Monteith para o cálculo da evapotranspiração da cultura. Este método além de considerar as resistências aerodinâmicas para o transporte de vapor ele considera também os fluxos de energia do meio ambiente onde está a cultura (Monteith, 1975).

## 2.8 Resistência aerodinâmica

A resistência natural ao deslocamento dos fluxos de calor sensível, latente e de momentum dependente das características aerodinâmicas de cada cultura é chamada de resistência aerodinâmica. Esta é estimada por meio de perfis de vento próximos a superfície da cultura, podendo-se incluir uma correção (número de Richardson) com respeito as condições de estabilidade do local.

Em métodos meteorológicos, a evapotranspiração é estimada por meio da resistência aerodinâmica, uma vez que o transporte de vapor d'água para a atmosfera é diretamente proporcional ao gradiente de umidade específica entre a superfície evaporante e a atmosfera e inversamente proporcional à resistência aerodinâmica e da cultura (Rosenberg, 1983). Dentre os muitos modelos para a estimativa da resistência aerodinâmica, as equações que apresentaram os melhores resultados para condições de atmosfera estáveis a velocidade do vento devem estar abaixo de  $3\text{ms}^{-1}$ , sendo estes também influenciados pelo índice de área foliar e altura da planta (Tolk et al, 1995).

A resistência aerodinâmica para uma cobertura vegetal de porte elevado é menor quando comparada à cobertura de porte baixo, porque do ponto de vista aerodinâmico, uma vegetação de porte elevado possui um parâmetro de rugosidade ( $z_0$ ) maior, o que confere maior superfície de contato, facilitando a difusão turbulenta (Monteith, 1975; Santos & Andre, 1993). Os valores de resistência aerodinâmica costumam variar de 0 em condições instáveis a  $400\text{sm}^{-1}$  em condições turbulentas (Rosenberg, 1983).

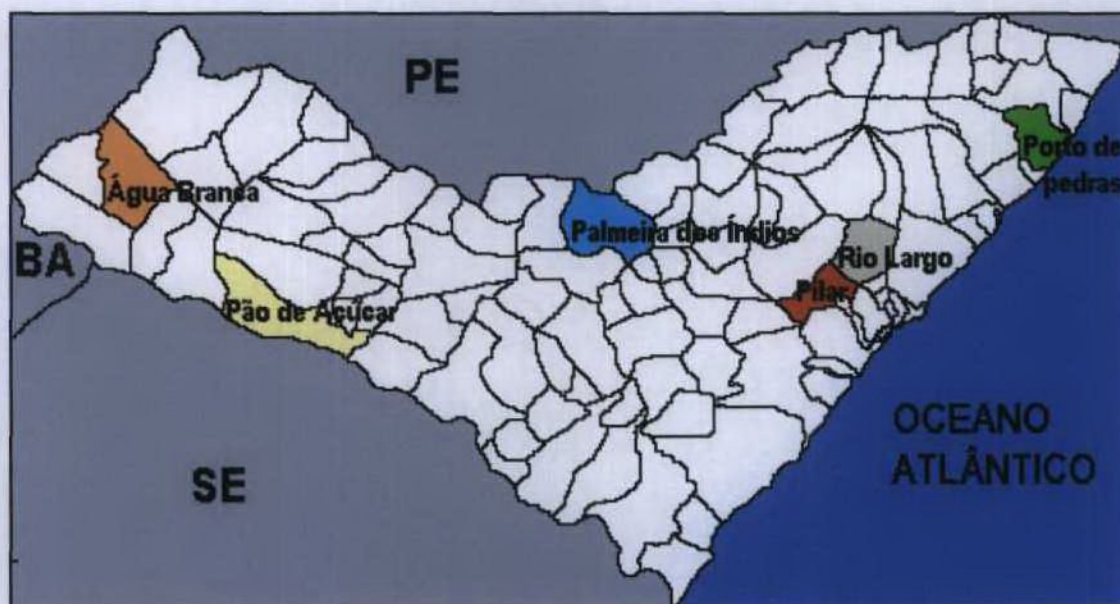
A resistência aerodinâmica é determinada em função do perfil vertical da velocidade do vento. Plantas isoladas ou em renque estão sempre mais expostas ao vento que uma vegetação contínua. Nessa situação, sempre uma porcentagem das folhas são mais atingidas pelo vento que outras para qualquer que seja a direção dos ventos. Nesse sentido, trabalhos com árvores isoladas em túnel de vento mostraram que a resistência aerodinâmica global pode ser estimada pela relação empírica em função de uma dimensão característica das folhas, velocidade do vento na altura da copa e uma medida da densidade foliar afetada pelo vento (Landsberg & Powell apud Pereira, 1997).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Características Climatológicas

A descrição climatológica de cinco localidades do estado de Alagoas utilizou dados meteorológicos diários de duração do brilho solar, temperatura do ar (máxima, média e mínima), umidade relativa do ar, velocidade do vento a dois metros de altura e precipitação pluvial, obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Estação Agrometeorológica do Campus Delza Gitai/UFAL em Rio Largo (EARL) conforme consta na TABELA 01. A disponibilidade de dados meteorológicos permitiu analisar o microclima de Água Branca (microrregião úmida no Alto Sertão), Pão de Açúcar (microrregião do Sertão, conhecida também como Sertão do Alto São Francisco), Palmeira dos Índios (microrregião do Agreste), Rio Largo (microrregião da Zona da Mata), Porto de Pedras (microrregião do Litoral Norte) e particularmente do município de Pilar onde se instalou sensores meteorológicos para caracterização agrometeorológica da cultura do mamão. A localização dessas microrregiões constam na Figura 3.

A determinação dos valores médios decendiais para todos esses elementos meteorológicos e para a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) utilizou a técnica dos percentis para os níveis de probabilidade de 25, 50, 75, 80, 90, 95, 99 e 100%. Esses valores foram apresentados em gráficos que mostram a distribuição desses valores nos 36 decêndios do ano. O decêndio é um período que divide o mês em três partes, sendo que a última pode variar de 8 a 11 dias. A precipitação pluvial foi analisada, considerando o início do período de crescimento das culturas a 75% de probabilidade como o período do ano no qual a precipitação pluvial chega a 20 mm por decêndio sem que ocorra posteriormente outro decêndio seco, através da técnica dos percentis (Davy et al apud Stern et al, 1982; Virmani et al apud Stern et al, 1982).



**Figura 03.** Localização no Estado de Alagoas dos municípios de Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo, Porto de Pedras e Pilar.

**Tabela 1.** Localidades do Estado de Alagoas, suas coordenadas geográficas e período de observação dos dados meteorológica precipitação pluvial, brilho solar, temperatura máxima do ar, temperatura mínima do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento em cinco localidade de Alagoas.

Localidade	Lat.	Long.	Alt.	Período de observação dos elementos meteorológicos	
				Precipitação pluvial	Outros
Água Branca	9°15'S	37°56'W	560m	1995-1999	1995-1999
Pão de Açúcar	9°46'S	37°27'W	30m	1913-1985	1995-1999
Palmeira dos Índios	9°25'S	36°40'W	311m	1913-1985	1995-1999
Rio Largo	9°27'S	35°27'W	127m	1972-2000	1972-2000
Pilar	09°36'S	35°53'W	107m	2001	2001
Porto de Pedras	9°46'S	37°27'W	14m	1995-1999	1995-1999

O percentil ( $\alpha_p$ ) equivale ao valor de uma variável meteorológica contínua ( $X$ ), correspondente a uma porcentagem da área sob a curva da função de distribuição ( $F$ ), definida como:

$$Prob(X \leq \alpha_p) = F(\alpha_p) \quad (6)$$

em que:

$\alpha_p$  são os valores esperados da variável meteorológica;

$p$  é a probabilidade expressa em %.

### 3.2 Observações agrometeorológica na cultura de mamão

Os dados micrometeorológicos foram obtidos numa estação automática (Figura 4) instalada numa tradicional fazenda produtora de localizada na Chã do Pilar, município de Pilar - AL (9° 36' S, 35° 53' W, 107m). O experimento foi montada no meio de uma área de 3ha, num solo de textura agilo arenosa cultivada com mamão (*Carica Papaya L*) da variedade Tainung nº 1. As plantas eram dispostas em linha no sentido noroeste-sudeste e obedecendo o espaçamento 2x2x3 m. O terreno era levemente inclinado para oeste e constantemente roçado mantendo o mato abaixo de 6 cm de altura. A irrigação foi feita por microaspersão com aplicação de uma lâmina diária de 6mm aplicada pela manhã

Tomando-se como referência o local do experimento, ao norte encontra-se uma área cultivada com mamão um ano mais velho, a leste e sul um canavial, a oeste uma estreita estrada de terra seguida de um cultivo de mamão consorciado com graviola. A Figura 5 mostra um croqui da área experimental.

A observação meteorológica automática foi tomada a cada cinco segundo e registradas em média a cada 10 minutos. O período de coleta de dados foi de 21 de Janeiro de 2001 a 10 de Maio de 2001. A estação micrometeorológica automática era composta por:

1. Um mastro de ferro de 5 metros de altura que comportava os seguintes instrumentos adquiridos da Campbell Scientific INC:
2. Sensor de temperatura do ar e umidade relativa, Modelo HMP45C;



3. Sensor de vento ou anemômetro, Modelo 03101-5;
4. Sensor de temperatura do solo, Modelo 107;
5. Pannel solar de 12 volts, Modelo MSX10;
6. Modulo de armazenamento, modelo SM192;
7. Multiplicador de canais, modelo AM416;
8. Um sistema de aquisição de dados, "DATALLOGGER", Modelo CR 10X.
9. Pluviômetro (CSI Modelo es 700L Hidrological Service Pty LTD);
10. Fluxo de calor no solo (HFT – 3 da REBS);
11. Saldo-radiômetro, modelo CNR1 da Kipp & Zonen para medir o saldo de radiação ( $R_n$ ), radiação global ( $R_g$ ), radiação atmosférica ( $R_a$ ) e radiação da superfície ( $R_s$ );



**Figura 4.** Estação automática montada num cultivo de mamão no município de Pilar –AL.



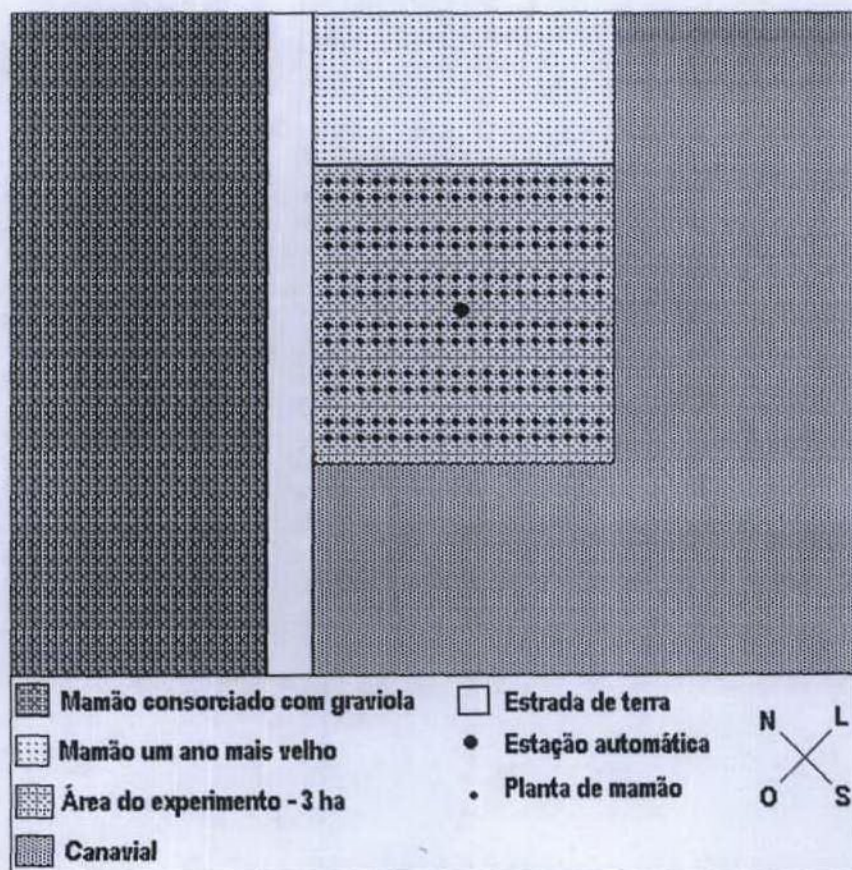


Figura 5. Croqui do local escolhido para instalar a estação automática.

### 3.2.1 Características da cultura

Na cultura do mamão, na fase compreendida entre o início da floração a frutificação foram feitas medidas das características da planta para determinar o seu desenvolvimento ao longo do tempo e correlacionar estas medidas com as variáveis meteorológicas observadas. Entre os vários parâmetros da cultura do mamão foram consideradas a altura da planta, largura e comprimento de folha, número de folha, diâmetro da copa, altura da copa e altura do caule.

A área foliar real das plantas de mamão foi determinada pelo método direto ou das fotocópias. Esse método consistiu em se escolher três plantas, retirar suas folhas e xerochá-las; o peso da área de cada fotocópia de folha foi comparado com um peso de uma área conhecida. Com a medida das áreas reais e do comprimento das folhas encontrou-se uma relação entre área foliar real e o comprimento da folha dada por

$$AFR = 0,0063 \cdot CF^{1,1171} \quad (7)$$

com coeficiente de determinação de 0,98; onde,

$AFR$  é a área foliar real [ $m^2$ ];

$CF$  é o comprimento da folha [m].

### 3.3 Determinação da evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foi calculada através de cinco métodos diferentes. Os métodos utilizados foram o método de Linacre, Radiação, Tanque Classe A, Penman-Monteith com saldo de radiação estimado e com o saldo de radiação medido.

#### Método de Linacre

A evapotranspiração de referência média diária (em  $mm\text{dia}^{-1}$ ) estimada pelo método de Linacre é dada por

$$ET_{0_{L,m}} = \frac{J \cdot (t_a + 0,006 \cdot h) + 15 \cdot (t_a - t_{orv})}{100 - \phi} \cdot \frac{1}{80 - t_a} \quad (8)$$

em que

$t_a$  é a temperatura do ar medida a dois metros de altura [ $^{\circ}C$ ];

$h$  é a altitude do local [m];

$\phi$  é a latitude do local [graus];

$J$  é uma constante que depende da superfície de contato, no caso de vegetação é 500;

$t_{orv}$  é a temperatura do ar no ponto de orvalho [ $^{\circ}C$ ].



Em que

$$t_{\text{mex}} = \frac{237,3 \cdot \log(e_a) - 156,8}{8,16 - \log(e_a)} \quad (9)$$

em que,

$e_a$  é a pressão de vapor d'água do ar [ $\text{kPa}^{\circ\text{C}^{-1}}$ ];

### Método da Radiação

A evapotranspiração de referência média diária ( $\text{mmdia}^{-1}$ ) estimada pelo método da Radiação é dada por

$$ETO_{\text{Rad}} = R_g \cdot W \cdot c \quad (10)$$

em que,

$R_g$  é a radiação solar global [ $\text{mmdia}^{-1}$ ];

$c$  é o coeficiente da inclinação da reta de regressão;

$W$  é um fator de ponderação dado por

$$W = \frac{\delta}{\delta + \gamma} \quad (11)$$

em que,

$\delta$  é a inclinação da curva da pressão de vapor saturado versus temperatura [ $\text{kPa}^{\circ\text{C}^{-1}}$ ];

$\gamma$  é a constante psicrométrica [ $\text{kPa}^{\circ\text{C}^{-1}}$ ]. Em que

$$\delta = \frac{4098 \cdot e_a}{(t_a + 237,3)^2} \quad (12)$$

onde,

$t_a$  é a temperatura do ar medida a dois metros de altura [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$$e_a = \left( \frac{UR}{100} \right) \cdot e_s \quad (13)$$

onde,

$UR$  é a umidade relativa do ar (%);

$e_s$  é a pressão de saturação de vapor d'água a temperatura do ar [ $\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]. E esta é dada por

$$e_s = 0,6108 \cdot \exp\left(\frac{17,27 \cdot t_a}{t_a + 237,3}\right) \quad (14)$$

A constante psicrométrica é dada por

$$\gamma = \left( \frac{0,665}{1000} \right) P \quad (15)$$

onde,

$P$  é a pressão atmosférica numa dada altura [ $h$  em m]. Ela é dada por

$$P = 101,3 \cdot \left( \left( \frac{(2933 - (0,0065 \cdot h))}{293} \right)^{5,26} \right) \quad (16)$$

### **Método do Tanque Classe A**

A evapotranspiração de referência média diária [ $\text{cm mmd}^{-1}$ ] estimada pelo método do Tanque Classe A é dada por

$$ET_{o_{TCA}} = K_p \cdot (ECA) \quad (17)$$

onde,

$ECA$  é a evaporação do tanque classe A [ $\text{mmdia}^{-1}$ ];

$Kp$  é um coeficiente de ajuste da equação, dado por (Snyder, 1992):

$$Kp = -0,482 + 0,024 \cdot \ln(F) - 0,000376 \cdot U_2 + 0,0045 \cdot UR \quad (18)$$

onde,

$F$  é a distância (tamanho) da área de bordadura [m];

$U_2$  é a velocidade do vento a dois metros de altura [ $\text{Kmdia}^{-1}$ ].

### Método de Penman-Monteith

A evapotranspiração de referência média diária [em  $\text{mmdia}^{-1}$ ] estimada pelo método de Penman-Monteith (FOA, 1991), é dada como

$$ETq_M = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \frac{900}{t_a + 275} U_2 (e_s - e_a) \quad (19)$$

onde:

$\lambda$  é o calor latente de vaporização [ $\text{MJkg}^{-1}$ ]; onde

$$\lambda = 2,497 + (0,00237t_a) \quad (20)$$

$R_n$  é o saldo de radiação [ $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ];

$G$  é o fluxo de calor no solo [ $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ];

$\gamma^*$  é o coeficiente psicrométrico modificado [ $\text{kPa}^\circ\text{C}^{-1}$ ]; onde

$$\gamma^* = \gamma (1 + 0,33U_2) \quad (21)$$

$900$  é uma constante [ $\text{kJ}^{-1}\text{kg}^\circ\text{K}$ ].

A evapotranspiração de referência foi obtida por este método de duas maneiras, de acordo com o saldo de radiação observado. A primeira para o saldo de radiação estimado. A segunda para o saldo de radiação medido através de saldo radiômetros.

O procedimento detalhado para obtenção dos parâmetros da expressão (19) são encontrados em Allen et al. (1989), Smith (1991), Pereira et al.(1997).

### 3.4 Determinação da evapotranspiração da cultura

A evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) foi calculada pelo método do balanço de energia e pelo método de Penman-Monteith.

#### Método do Balanço de energia

Uma das formas de se determinar a evapotranspiração da cultura diária é por meio do método do balanço de energia. A evapotranspiração da cultura [ $ET_c$  em  $\text{mm dia}^{-1}$ ] é dada por

$$ET_c = \frac{\lambda E}{\lambda} \quad (22)$$

onde,

$\lambda E$  é o fluxo de calor latente de evaporação [ $\text{MJm}^2\text{dia}^{-1}$ ];

O fluxo de calor latente de evaporação é obtido na equação do balanço de energia. Este, de acordo com o período de tempo considerado, pode ser escrita de forma simplificada. Uma das formas de se simplificar é por desconsiderar as fontes e sumidouros de energia, devido à proximidade dos seus valores e desconsiderar também os fluxos de energia armazenados na biomassa, por ser muito pequenos. Com isso a equação do Balanço de energia pode serem escrita

$$R_n = H + \lambda E + G \quad (23)$$

onde,

$H$  é o fluxo de calor sensível [ $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ];

O fluxo de calor no solo pode ser medido ou estimado em função do saldo de radiação; para período diário ele pode ser considerado igual a zero e para período horário ele pode ser considerado como sendo dez por cento do saldo de radiação (Allen et al, 1998).

O fluxo de latente de evaporação pode ser estimado no balanço de energia pela razão de Bowen ( $\beta$ ) dada por

$$\beta = \frac{H}{\lambda E} \quad (24)$$

ou

$$\beta = \gamma \frac{t_0 - t_a}{e_0 - e_a} \quad (25)$$

onde,

$t_0$  é a temperatura da superfície da copa do mamão [ $^{\circ}\text{C}$ ], dada por  $t_0 = T_0 - 273$ ;

$e_0$  é a pressão de saturação de vapor a  $t_0$  [kPa];

A temperatura do dossel do cultivo de mamão ou da superfície é dada por

$$t_0 = \sqrt[4]{\frac{R_s}{\varepsilon_s \cdot \sigma}} \quad (26)$$

em que:

$R_s$  é a radiação da superfície [ $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ];

$\varepsilon_s$  é emissividade da superfície [0,98] (Idso et al, 1969);

$\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzman [ $\text{MJm}^{-1}\text{K}^{-4}\text{dia}^{-1}$ ].

A partir da equação (23) é possível dizer que

$$\lambda E = \frac{H}{\beta} \quad (27)$$

e

$$H = \lambda E \cdot \beta \quad (28)$$

e substituindo (27) e (28) na equação do balanço de energia (23), temos que

$$H = \frac{R_n - G}{1 + \frac{1}{\beta}} \quad (29)$$

$$\lambda E = \frac{R_n - G}{\beta + 1} \quad (30)$$

### Método de Penman-Monteith

A evapotranspiração da cultura média diária pelo método de Penman-Monteith é dado por

$$\lambda ET = \frac{\delta \cdot (R_n - G) + \rho_a \cdot c_p \cdot \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \quad (31)$$

onde,

$\rho_a$  é a densidade média do ar a pressão constante [ $\text{kgm}^{-3}$ ];

$c_p$  é o calor específico a pressão constante [ $\text{MJkg}^{-1}\text{C}^{-1}$ ],  $0,001013 \text{ MJkg}^{-1}\text{C}^{-1}$ ;

$r_c$  é a resistência da cultura [ $\text{sm}^{-1}$ ].

$r_a$  é a resistência aerodinâmica [ $\text{sm}^{-1}$ ];

A resistência da cultura foi estimada pela divisão da resistência mínima da superfície, para uma única folha, considerada igual a  $100\text{sm}^{-1}$ , pela metade do índice de área foliar (IAF) do dossel (Jensen et al. Apude Pereira 1997):

$$r_s = \frac{r_l}{0,5 \cdot IAF} \quad (32)$$

onde,

$r_l$  é a resistência estomática média de um folha sem restrição hídrica,  $100\text{sm}^{-1}$ ;

$IAF$  é o índice de área foliar.

A resistência aerodinâmica média foi obtida de três formas diferente. A primeira foi através do fluxo de calor sensível obtido pela razão de Bowen, com a resistência aerodinâmica ( $\text{sm}^{-1}$ ) sendo dada por

$$r_a = 86400 \frac{\rho_a \cdot c_p (t_0 - t_a)}{H} \quad (33)$$

onde,

$c_p$  é o calor específico à pressão constante;

$\rho$  é densidade média do ar à pressão constante [ $\text{kgm}^{-3}$ ];

Segundo (Thom e Oliver apude pereira, 1997), a resistência aerodinâmica é dado

$$r_a = \frac{250}{1 + 0,526 \cdot U_2} \quad (34)$$

Um outra forma de estimar a resistência aerodinâmica, é por (Landsberg e Powell apude pereira, 1997) em que

$$r_a = 58 \cdot p^{0,56} \cdot \left( \frac{d}{U_2} \right)^{0,5} \quad (35)$$

onde,

$d$  é a média geométrica entre a largura e o comprimento da folha [ $m$ ];

$p$  é a razão entre a área foliar total da árvore e a da folhagem projetada num plano vertical

### 3.5 Determinação do coeficiente da cultura

O coeficiente da cultura ( $K_c$ ) foi obtido com base na razão entre os dois métodos de se determinar a evapotranspiração da cultura (Razão de Bowen e Penman-Monteith) e as cinco maneiras pelas quais se determinou a evapotranspiração de referência. Então, o coeficiente da cultura é dado por

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (36)$$



## 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

### 4.1 Características agrometeorológicas de regiões de Alagoas

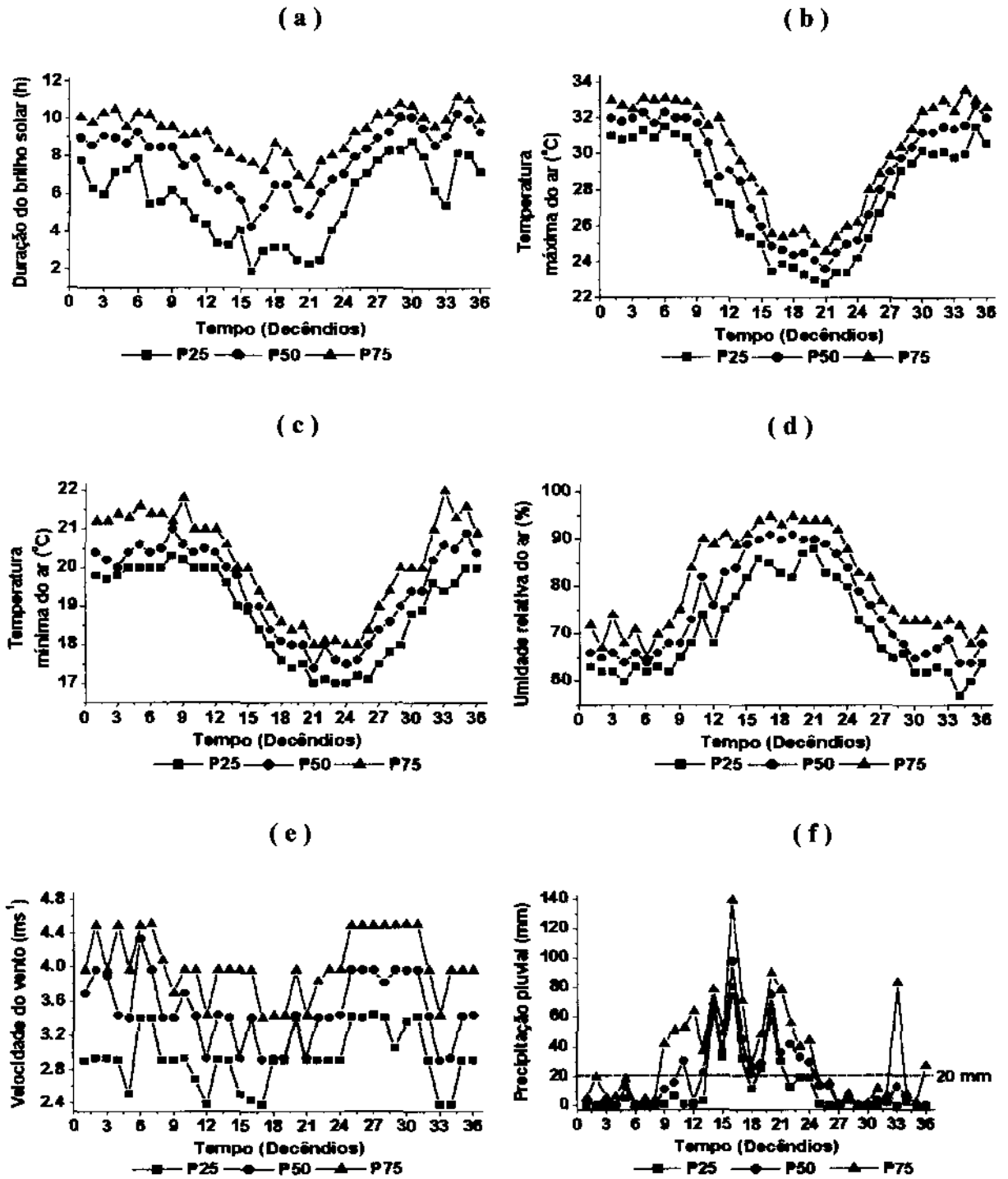
#### 4.1.1 Microrregião de Água Branca

A duração do brilho solar nesta região mostra que a mesma faz parte de uma microrregião com características distintas dos municípios a sua volta. A duração do brilho solar apresentou-se um pouco abaixo da média geral dos municípios. Espera-se a 75% de probabilidade duração do brilho solar de 1,9 horas ou mais no decêndio 16 até 8,8 horas ou mais no decêndio 30. (Figura 6a). Proporcionando assim, um total anual de brilho de solar igual ou superior a 2.052,7 horas.

As temperaturas do ar máximas, médias e mínimas dessa região mostraram ser as menores em comparação as dos municípios de Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo e Porto de Pedras. Esperada a 75% de probabilidade que esta varie de 24,6 °C ou menos no decêndio 21 até 33,6 °C ou menos no decêndio 34 (Figura 6b). Já a temperatura do ar mínima a 75% de probabilidade variou de 17,0 °C ou mais nos decêndios do 21 e 24 até 20,3 °C ou mais no decêndios 8 (Figura 6c).

A umidade relativa do ar esperada a 75% de probabilidade foi de 57% ou mais no decêndio 34 até 88% ou mais no decêndio 21 (Figura 6d). A velocidade do vento esperada a 75% de probabilidade variou de 3,4  $\text{ms}^{-1}$  ou menos no decêndio 17 a 4,5  $\text{ms}^{-1}$  ou menos no decêndio 7 e 31 (Figura 6e). Os valores de velocidade do vento mostraram-se maiores do que as observadas nas localidades de Pão de Açúcar e Rio Largo.

Apesar de está localizada na região do Sertão, essa região apresenta uma precipitação pluvial relativamente elevada como pode ser visto na Figura 6f. Nela observa-se também que



**Figura 6.** Distribuição dos percentis médios diários decenais de duração do brilho solar (a), temperatura máxima do ar (b), temperatura mínima do ar (c), umidade relativa do ar (d), velocidade do vento (e) e totais decenais precipitação pluviométrica (f) esperados a 25, 50, e 75% de probabilidade em Água Branca – AL.

os totais decendiais de precipitação pluvial esperados a 75% de probabilidade variam de 0 mm até 80,8 mm ou mais no decêndio 16. Assim, a precipitação pluvial anual foi igual ou superior a 421,2 mm. O período onde a precipitação pluvial ultrapassa os 20 mm (Davy et al apude Stern et al, 1982); ou seja, o período chuvoso foi de decêndio 14 ao 21.

#### 4.1.1.2 Estimativa do balanço de radiação

A radiação no topo da atmosfera ( $R_0$ ) apresenta valores diferenciados durante o ano. Em média, esses variam de  $29,36 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 18 a  $39,35 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 3; ou seja sua amplitude é de  $9,99 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ . A radiação solar global ( $R_g$ ) mostrou uma distribuição mais ou menos parecida com a radiação no topo da atmosfera, com exceção de duas pequenas quedas nos seus valores no início e fim do ano e um pequeno aumento nos seus valores a partir do decêndio 19. Seus valores variam de  $14 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 16 a  $23 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 34. Nessa localidade, em média 23% da energia solar global é refletida. O balanço de ondas curtas ( $R_c$ ) consome quase toda a radiação solar global. Isto pode ser observado nos altos os valores do saldo de radiação de ondas curtas que varia de  $10,8 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 16 a  $18 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 34. A perda de radiação de ondas longas varia de  $2,2 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 16 a  $3,9 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 28 (Figura 7).

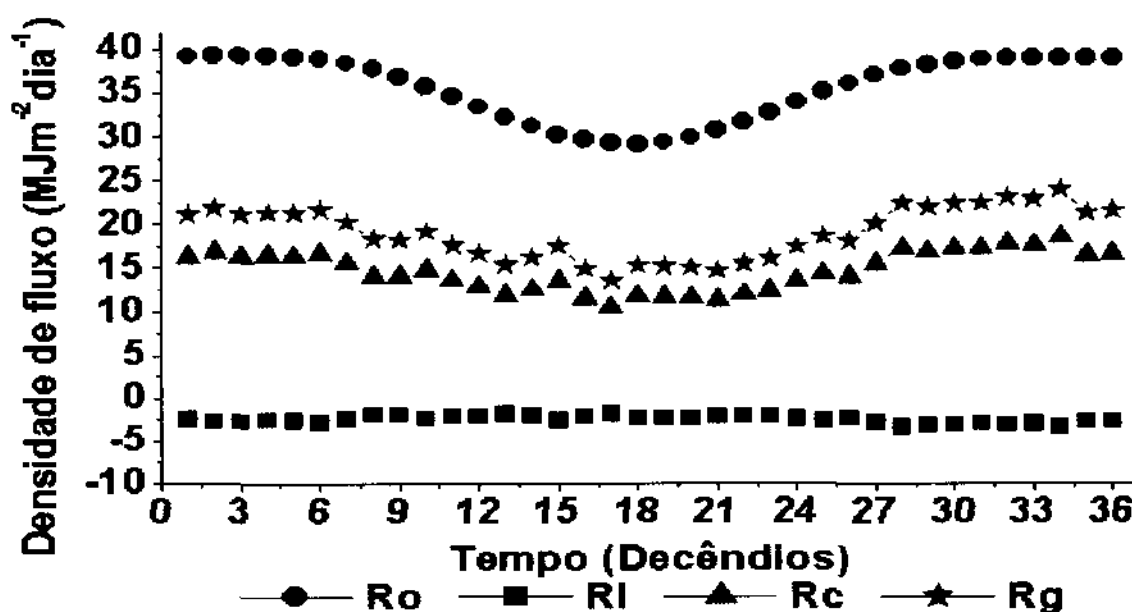
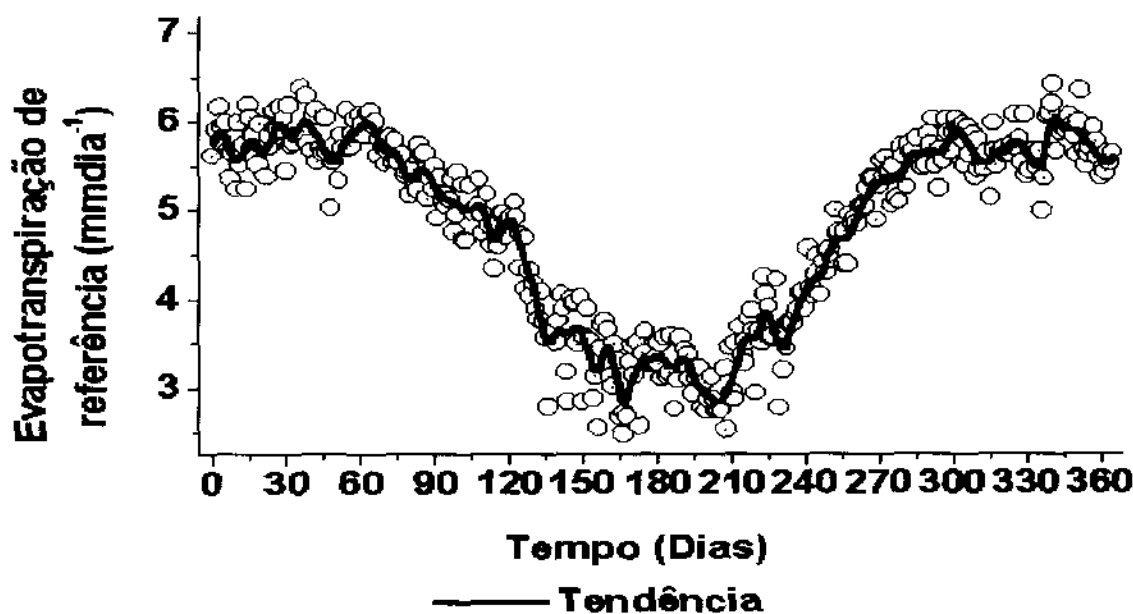


Figura 7. Estimativa decendial do Balanço de radiação ( $R_0$  é a radiação no topo da atmosfera;  $R_I$  é o saldo de radiação de ondas longas;  $R_c$  é o saldo de radiação de ondas curtas e  $R_g$  é a radiação solar global) na localidade de Água Branca – AL.

#### 4.1.1.2 Evapotranspiração de referência em Água Branca

A descrição climatológica de Água Branca mostra que as condições climáticas locais são mais amenas, proporcionando uma evapotranspiração de referência um pouco abaixo das encontradas na região sertaneja e bem parecida a das regiões da Zona da Mata e Litoral. A evapotranspiração de referência máxima diária em média variou de  $2,48 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 166 a  $6,48 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 341 (Figura 8). A evapotranspiração de referência esperada a 75% de probabilidade nessa localidade apresentou valores iguais ou inferiores a  $2,80 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 21 e  $5,78 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 35 (Figura 9), o que representou no ano um total  $1.683,4 \text{ mm}$ . A Figura 10 mostra a distribuição média anual da  $ET_0$  e de suas duas componentes: o termo energético ( $ET_{0e}$ ) e aerodinâmica ( $ET_{0a}$ ). O termo energético em média variou de  $2,20 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 21 a  $4,42 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 34, correspondendo no ano em média 84% da evapotranspiração de referência. Portanto, esta dependeu quase que exclusivamente do balanço de energia da região. Na estação chuvosa, mais especificamente entre o decêndio 15 e 23 foi quando os valores do termo energético mais se aproximaram da evapotranspiração de referência.



**Figura 8.** Evapotranspiração de referência máxima diária anual e sua curva de tendência na região de Água Branca - AL

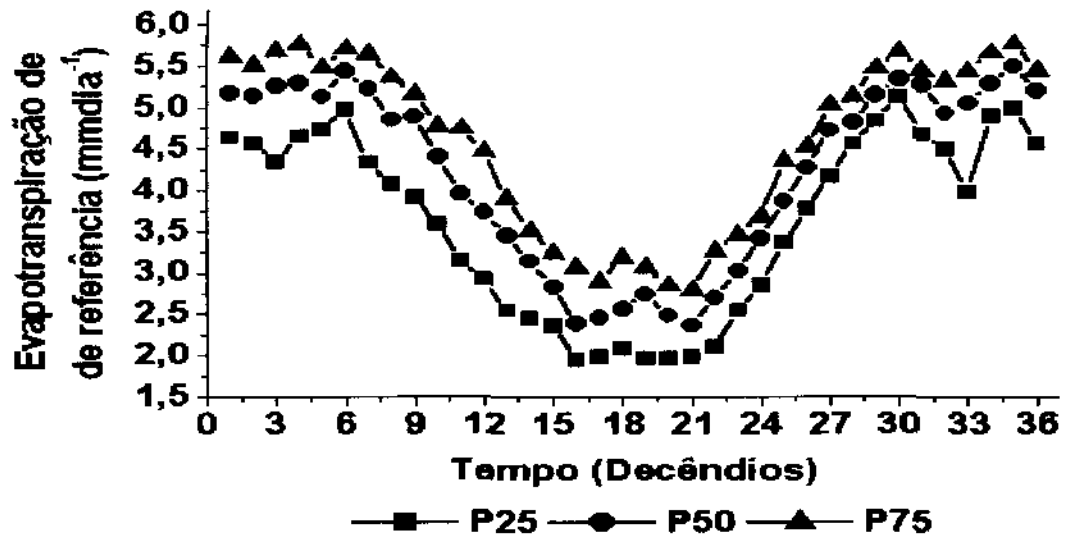


Figura 9. Evapotranspiração de referência decendial esperada a 25, 50, e 75% de probabilidade na região de Água Branca – AL

Já o poder evaporante do ar contribuiu muito pouco na constituição da evapotranspiração de referência; e esta componente variou anualmente de  $0,17 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 17 a  $1,24 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 6, representando no ano em média 16% da evapotranspiração de referência.

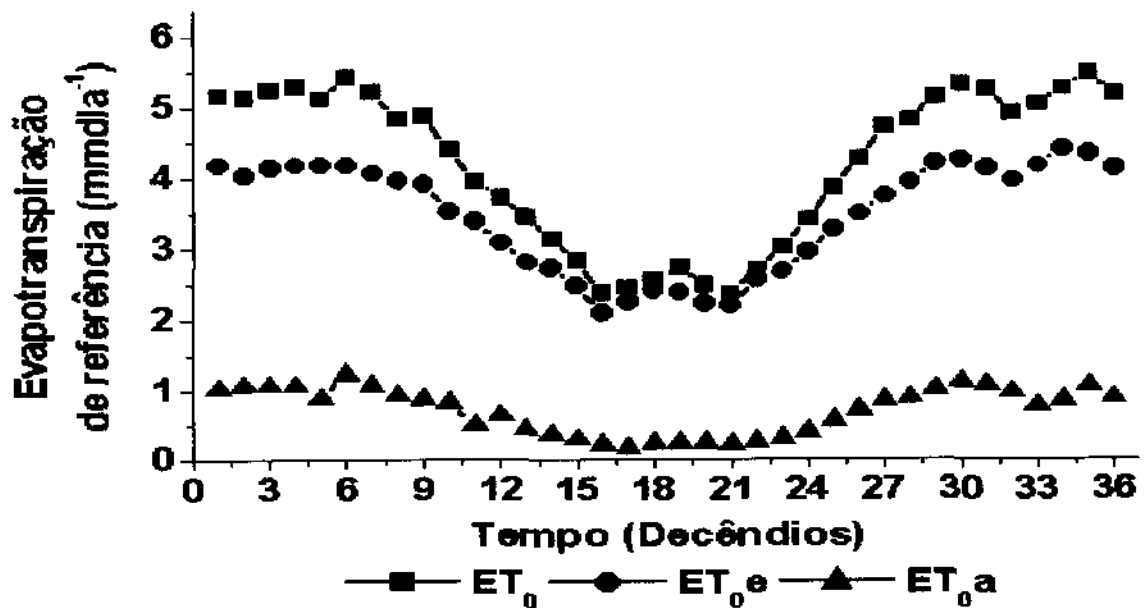


Figura 10. Valores decendiais de evapotranspiração de referência decendial ( $ET_0$ ), termo energético ( $ET_{0e}$ ) e termo aerodinâmico ( $ET_{0a}$ ) na região de Água Branca – AL

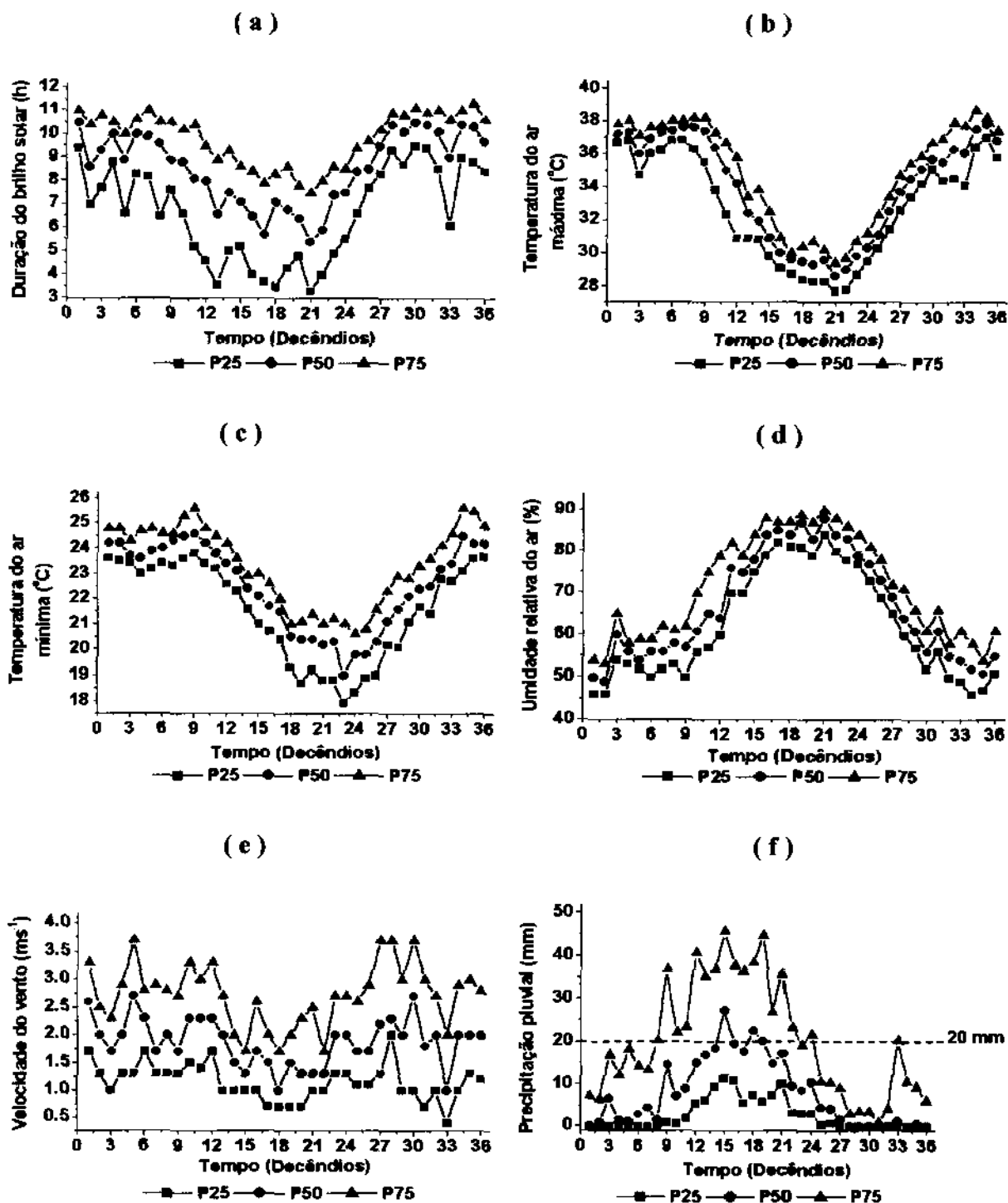
#### 4.1.2 Microrregião de Pão de Açúcar

A duração do brilho solar apresentou a 75% de probabilidade valores iguais ou superiores a 3,3 horas no decêndio 21 e iguais ou inferiores 9,5 horas no decêndio 30, correspondendo a um total anual de 2.416,6 ou mais horas de luz solar (Figura 11a).

Embora não seja o local que receba a maior quantidade de radiação solar dentre as localidades consideradas; é o que apresenta as maiores e mais variadas temperaturas. Espera-se a 75% de probabilidade que a temperatura do ar máxima varie de 29,4 °C ou menos no decêndio 21 a 38,7 °C ou menos no decêndio 34 (Figura 11b). A comparação das temperaturas do ar mínimas de Pão de Açúcar com a das demais localidades estudadas mostra *que estas apresentam as maiores temperaturas mínimas. A temperatura do ar mínima esperada a 75% de probabilidade nessa localidade variou de 17,9 °C ou mais no decêndio 23 até 23,8 °C ou mais no decêndio 9* (Figura 11c).

*A umidade relativa do ar a 75% de probabilidade variou de 46% ou mais nos decêndios 1, 2 e 34 a 84% ou mais no decêndio 21* (Figura 11d). A velocidade do vento a 75% de probabilidade variou de 1,7  $\text{ms}^{-1}$  ou menos no decêndio 18 a 3,7  $\text{ms}^{-1}$  ou menos no decêndio 28 (Figura 11e).

Em Pão de Açúcar, espera-se a 75% probabilidade uma variação dos totais decendiais de precipitação pluvial de 0 mm até 11,4 mm ou mais no decêndio 15. A essa mesma probabilidade espera-se uma precipitação pluvial anual igual ou superior a 94,6 mm. Considerando que o período de crescimento ocorre em média quando chove no mínimo 20 mm. Essa localidade apresenta chuvas abaixo de 20mm durante todo o ano, ou seja não possui estação de crescimento (Figura 11f).



**Figura 11.** Distribuição dos percentis diários decendiais de duração do brilho solar (a), temperatura do ar máxima (b), temperatura do ar mínima (c), umidade relativa do ar (d), velocidade do vento (e) e totais decendiais precipitação pluvial (f) esperados a 25, 50, e 75% de probabilidade em Pão de Açúcar - AL

#### 4.1.2.1 Balanço de radiação em Pão de Açúcar

As características anuais da radiação no topo da atmosfera, radiação de ondas longas, radiação de ondas curtas e radiação solar global para a região de Pão de Açúcar consta na Figura 12. A radiação solar no topo da atmosfera mostrou uma distribuição parabólica sem grandes oscilações de valores. É nessa região que aparece as maiores variações nos valores de radiação no topo da atmosfera, variando anualmente de  $29,12 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 18 a  $39,48 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 3. A radiação solar global apresenta uma distribuição semelhante a de radiação no topo da atmosfera, com alguns fracas variações principalmente na primeira metade do ano. Durante a estação chuvosa parece uma leve tendência de aumento nos valores da radiação global. A variação deste parâmetro oscila no ano entre  $14,45 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 16 a  $25,92 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 1. A maior parte da radiação solar global entra no saldo de ondas curtas, isso pode ser evidenciado pela proximidade de seus valores. A radiação de ondas curtas mostrou uma distribuição de valores próxima e semelhante a radiação solar global. A mesma mostrou-se entre  $11,13 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 17 e  $19,96 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 1. A distribuição dos valores de radiação de ondas longas mostrou-se quase imperceptível, oscilando entre  $2,21 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 16 e  $4,47 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 1.

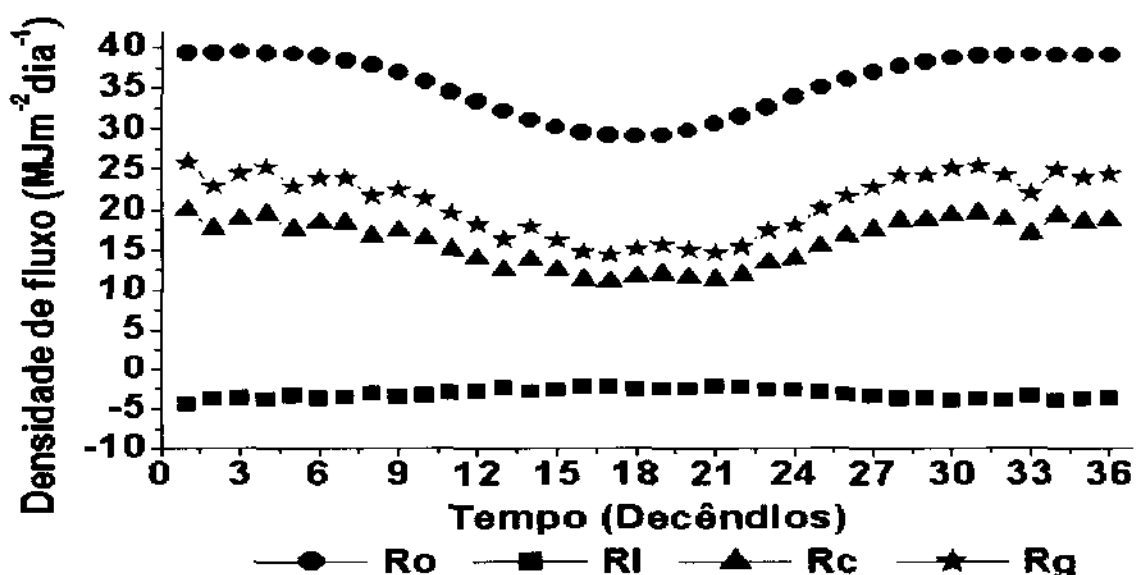


Figura 12. Estimativa decencial do Balanço de radiação (Ro é a radiação no topo da atmosfera; RI é o saldo de radiação de ondas longas; Rc é o saldo de radiação de ondas curtas e Rg é a radiação solar global) na localidade de Pão de Açúcar - AL.



#### 4.1.2.2 Evapotranspiração de referência em Pão de Açúcar

A velocidade do vento parece ser o único elemento meteorológico que impede que a evapotranspiração de referência de Pão de Açúcar seja mais elevada que nas outras localidades. A evapotranspiração de referência máxima diária variou em média de  $2,76 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 168 a  $7,19 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 343 (Figura 13). A evapotranspiração de referência decendial esperada a 75% probabilidade para a região variou de  $3,16 \text{ mmdia}^{-1}$  ou menos no decêndio 17 a  $6,38 \text{ mmdia}^{-1}$  ou menos no decêndio 1 (Figura 14).

A distribuição dos valores médios de evapotranspiração de referência, termo energético e termo aerodinâmico ao longo do ano variou para períodos decendiais conforme mostra na Figura 15. A componente energética da evapotranspiração é a que mais contribuiu para a perda de água para a atmosfera, principalmente entre os decêndios 15 e 22 quando os valores do termo energético estão bem próximos ao da evapotranspiração de referência. O termo energético da evapotranspiração de referência variou de  $2,54 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 17 a  $4,92 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 4; esta corresponde em média a 87% da evapotranspiração de referência. Assim, a maior variabilidade da evapotranspiração de referência foi devido a componente energético.

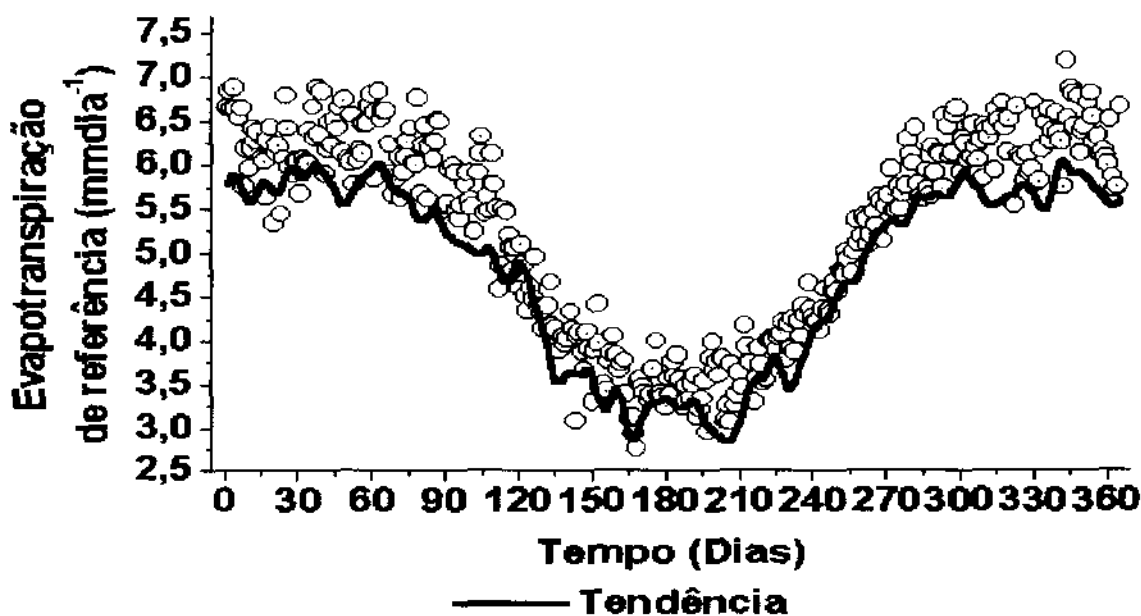


Figura 13. Evapotranspiração de referência máxima diária anual e sua curva de tendência na região de Pão de Açúcar - AL

A componente aerodinâmica da evapotranspiração de referência, por outro lado mostrou uma pequena variação anual de  $0,14 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 21 a  $1,20 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 1. Esta componente correspondeu anualmente em média 13% da evapotranspiração de referência.

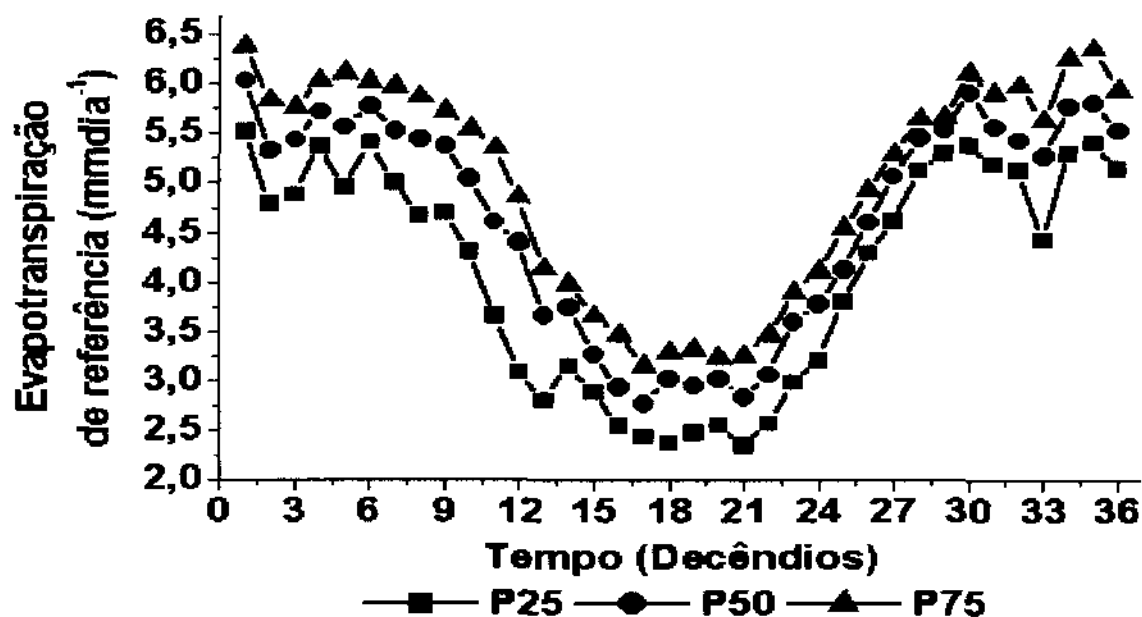


Figura 14. Evapotranspiração de referência decendial esperada a 25, 50, e 75% de probabilidade na região de Pão de Açúcar - AL

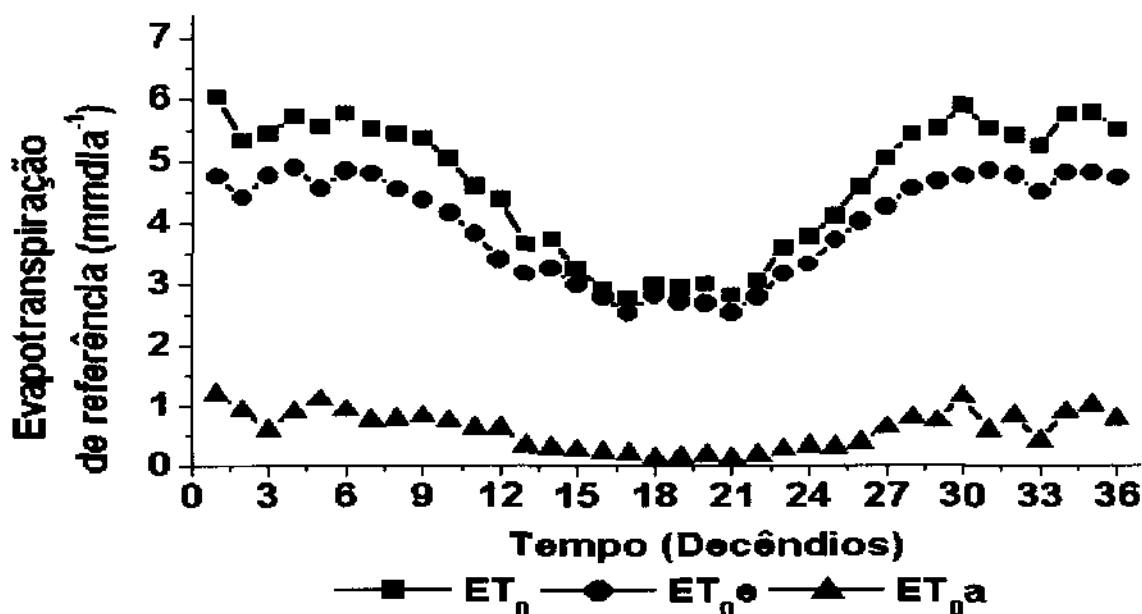


Figura 15. Valores decendiais de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), termo energético ( $ET_{0e}$ ) e termo aerodinâmico ( $ET_{0a}$ ) na região de Pão de Açúcar - AL

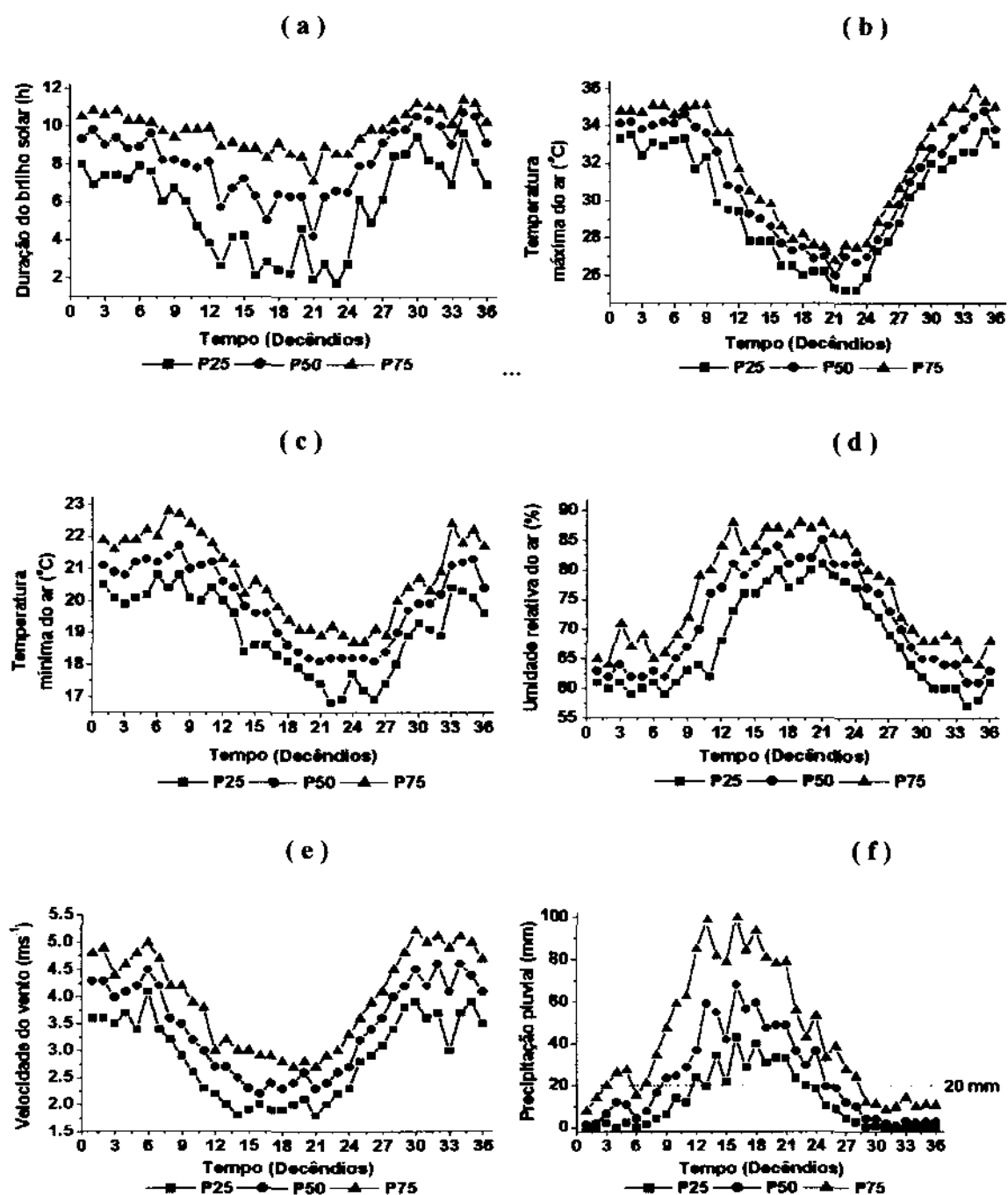
### 4.1.3 Microrregião de Palmeira dos Índios

A duração do brilho solar variou a 75% de probabilidade de 1,7 horas ou mais no decêndio 23 até 9,6 horas ou mais no decêndio 34 (Figura 16a). É possível assim dizer que nessa região o total de brilho solar pode ser igual ou superior a 2069,4. As temperaturas do ar máximas, médias e mínimas medidas a dois metros de altura, mostraram ser as intermediárias em comparação as temperaturas do ar das demais localidades consideradas. Espera-se a 75% de probabilidade temperatura do ar máxima de 26,8 °C ou menos no decêndio 21 a 36,0 °C ou menos no decêndio 34 (Figura 16b). A temperatura do ar mínima variou a 75% probabilidade de 16,8 °C ou mais no decêndio 22 a 20,8 °C ou mais no decêndio 8 (Figura 16c).

A umidade relativa do ar esperada a 75% de probabilidade nessa localidade variou de 57% ou mais no decêndio 34 a 81% ou mais no decêndio 21 (Figura 16d). A velocidade do vento esperada a 75% probabilidade pode variar de 2,7  $\text{ms}^{-1}$  no decêndio 21 a no máximo de 5,2  $\text{ms}^{-1}$  no decêndio 30 (Figura 16e). Em Palmeira dos Índios, os totais decendiais de precipitação pluvial esperados a 25% de probabilidade variaram de 0 mm a 42,9 mm no decêndio 16. A essa mesma probabilidade espera-se uma precipitação pluvial anual igual ou superior a 442,8 mm. O período chuvoso nessa localidade, considerando que esse apresenta valores de chuva acima de 20 mm (Davy *et al.*, 1976), variou de do decêndio 12 ao 23 (Figura 16f).

#### 4.1.3.1 Balanço de radiação Palmeira dos Índios

A radiação solar no topo da atmosfera mostrou uma distribuição parabólica sem grandes oscilações de valores. Em média, na região de Palmeira dos Índios os valores radiação solar no topo da atmosfera variou anualmente de 29,28  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 18 a 39,39  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 3. A radiação solar global apresentou uma distribuição semelhante a da radiação no topo da atmosfera, com seus maiores valores e oscilações na metade final do ano. A sua variação anual foi de 12,61  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 21 a 25,87  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 34. A maior parte da radiação solar global entra no saldo de ondas curtas, isso pode ser evidenciado pela proximidade de seus valores. A radiação de ondas curtas acompanha de perto o comportamento da radiação solar global principalmente durante o período chuvoso. A radiação de ondas curtas variou de 9,71  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 21 a



**Figura 16.** Distribuição dos percentis diários decendiais de duração do brilho solar (a), temperatura do ar máxima (b), temperatura do ar mínima (c), umidade relativa do ar (d), velocidade do vento (e) e totais decendiais precipitação pluvial (f) esperados a 25, 50, e 75% de probabilidade em Palmeira dos Índios - AL

19,92  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 34. A perda de radiação de ondas longas para a atmosfera é muito baixa e quase não variou, permanecendo entre 2,16  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 16 e 3,91  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 28. As características anuais da radiação solar no topo da atmosfera, radiação solar de ondas longas, radiação solar de ondas curtas e radiação solar global para a região de Palmeira dos Índios podem ser vistas na Figura 17.

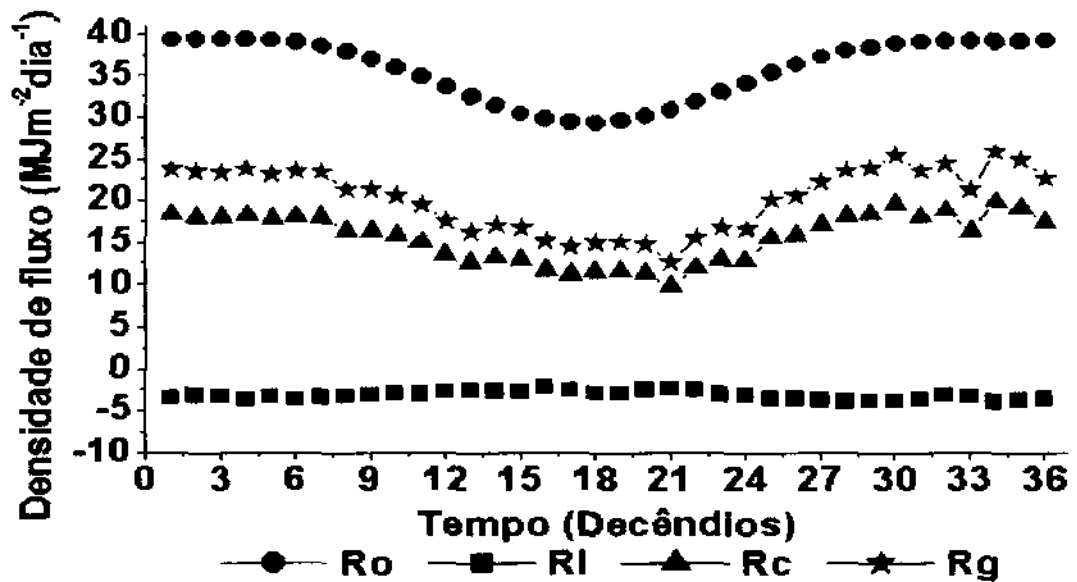


Figura 17. Estimativa decencial do Balanço de radiação ( $R_o$  é a radiação no topo da atmosfera;  $R_I$  é o saldo de radiação de ondas longas;  $R_c$  é o saldo de radiação de ondas curtas e  $R_g$  é a radiação solar global) na localidade de Palmeira dos Índios - AL.

#### 4.1.3.2 Evapotranspiração de referência em Palmeira dos Índios

A Evapotranspiração de referência em Palmeira dos Índios apresentou valores altos muito semelhante aos encontrados em Pão de Açúcar. Em média os máximos diários de evapotranspiração de referência variaram de 2,63  $\text{mm}\text{dia}^{-1}$  no dia 208 a 7,37  $\text{mm}\text{dia}^{-1}$  no dia 339 (Figura 18). A evapotranspiração de referência esperada 75% de probabilidade para essa localidade variou de máximo 3,10  $\text{mm}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 21 a no máximo 6,48  $\text{mm}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 34 (Figura 19).

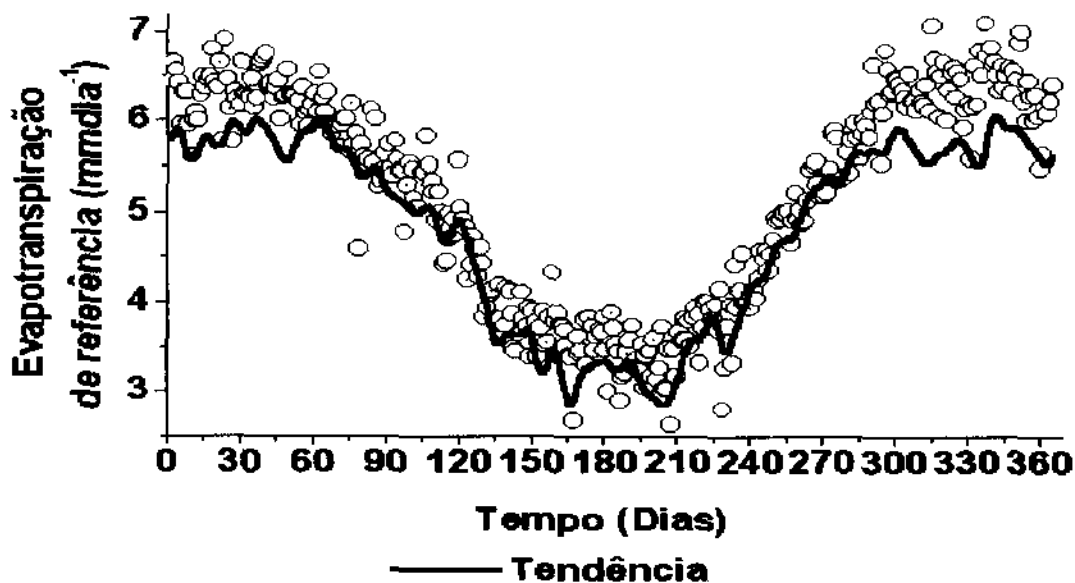


Figura 18. Evapotranspiração de referência máxima diária anual e sua curva de tendência na região de Palmeira dos Índios - AL

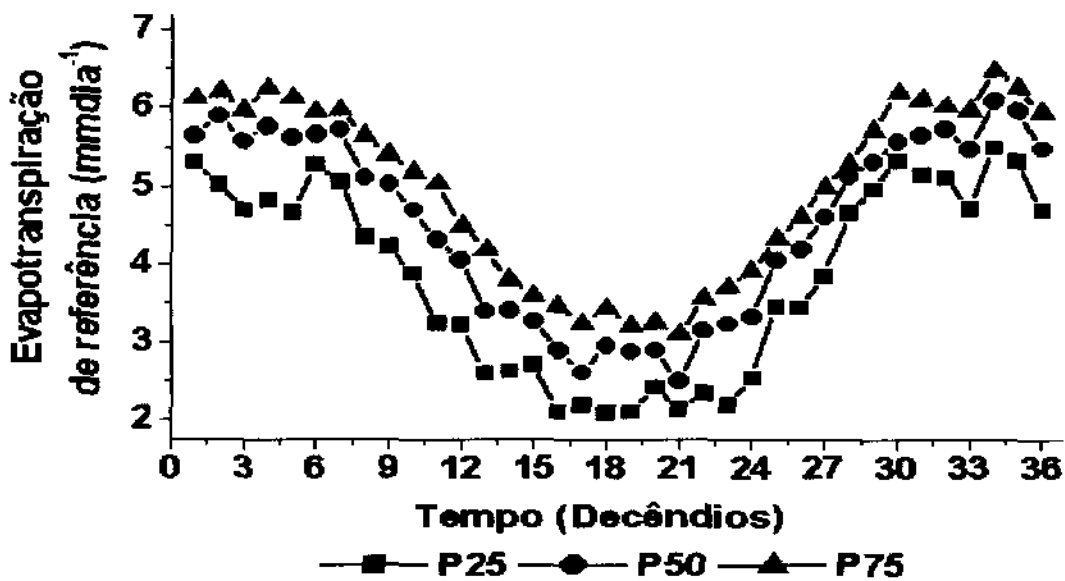


Figura 19. Evapotranspiração de referência diária decenal esperada a 25, 50 e 75% de probabilidade na região de Palmeira dos Índios - AL

A evapotranspiração de referência sofreu mais influência do balanço de energia do que do poder evaporante do ar. O termo energético da evapotranspiração apresentou seus maiores valores entre o decêndio 15 e o decêndio 23 e variou anualmente de  $2,10 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 16 a  $4,42 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 34. Em média durante o ano, o termo aerodinâmico corresponde a 84% da evapotranspiração de referência. Por outro lado, o termo aerodinâmico apresentou uma pequena variação de  $0,17 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 17 a  $1,24 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 6. Em média ao longo do ano, o termo aerodinâmico representa 16% da evapotranspiração de referência. A distribuição dos valores médios decendiais durante o ano da evapotranspiração de referência, termo energético e termo aerodinâmico consta na Figura 20.

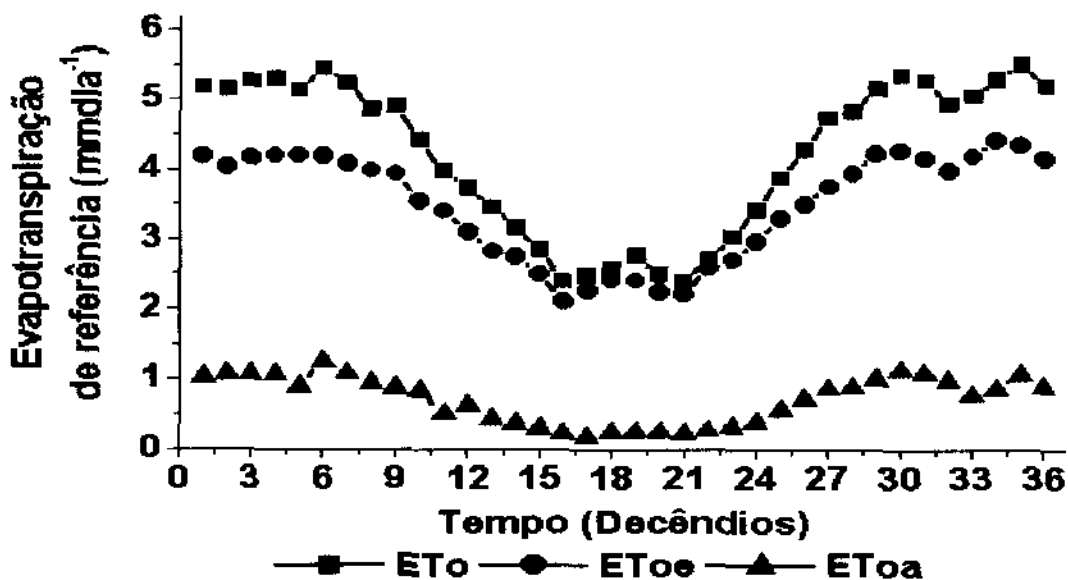


Figura 20. Valores de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), termo energético ( $ET_{0e}$ ) e termo aerodinâmico ( $ET_{0a}$ ) na região de Palmeira dos Índios - AL

#### 4.1.4 Microrregião de Rio Largo

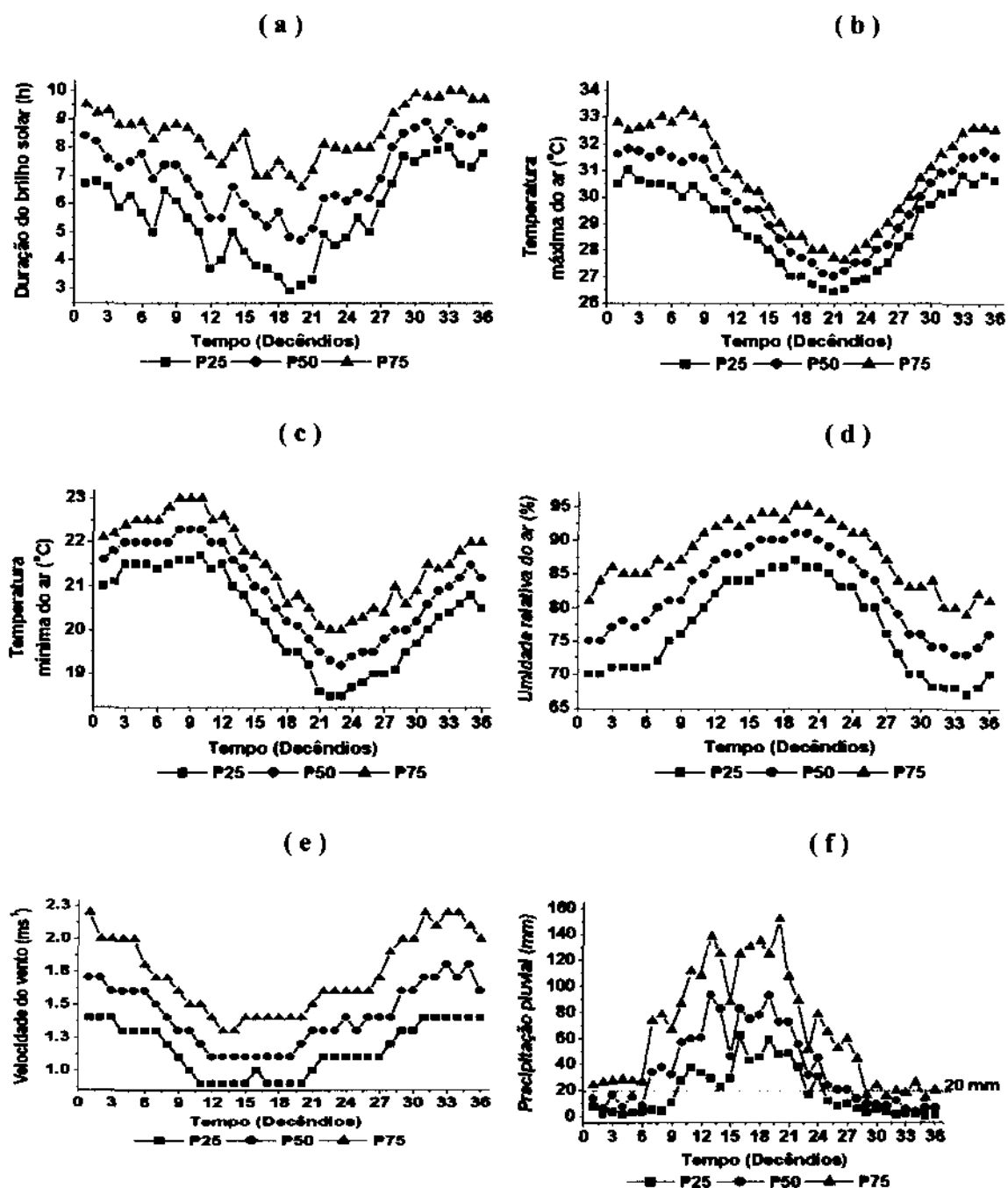
Espera-se a 75% de probabilidade que os valores de duração do brilho solar em Rio Largo sejam os menores observados nas outras localidades consideradas. A essa mesma probabilidade a duração do brilho solar variou de 2,9 horas ou mais no decêndio 16 a 8,0 horas ou mais no decêndio 33 (Figura 21a). O total anual de duração de brilho solar que chega em Rio Largo deve ser igual ou superior 2.050 horas de luz.

As temperaturas do ar máximas, médias e mínimas em Rio Largo apresentaram-se um pouco abaixo da média das demais localidades consideradas. A temperatura máxima do ar esperada a 75% de probabilidade variou no máximo de 27,6 °C no decêndio 21 e 22 a 33,2 °C no decêndio 7 (Figura 21b). Já as temperaturas mínimas do ar podem variar 75% de probabilidade de 18,5 °C ou mais no decêndio 22 e 23 a 21,7 °C ou mais no decêndio 10 (Figura 21c).

Espera-se 75% de probabilidade que a umidade relativa do ar varie no mínimo de 67% no decêndio 34 a no mínimo 87% nos decêndios 19 (Figura 21d). A velocidade do vento a dois metros de altura em Rio Largo apresentou os menores e menos variados valores em comparação com os cinco municípios analisados. A velocidade do vento esperada a 75% de probabilidade variou de no máximo de 1,3  $\text{ms}^{-1}$  nos decêndios 13 e 14 a no máximo 2,2  $\text{ms}^{-1}$  no decêndio 1, 33 e 34 (Figura 21e).

Os totais decendiais de precipitação pluvial esperados a 75% de probabilidade variaram de no 0,7 mm ou mais no decêndio 35 a 62,2 mm ou mais no decêndio 16. A essa mesma probabilidade espera-se um total pluviométrico anual igual ou superior a 658 mm. O período chuvoso nessa localidade, considerando que esse apresenta valores de chuva acima de 20 mm (Davy *et al.*, 1976), ocorreu do decêndio 10 ao decêndio 24 (Figura 21c).





**Figura 21.** Distribuição dos percentis decendiais de duração de horas de sol (a), temperatura do ar máxima (b), temperatura do ar mínima (c), umidade relativa do ar (d), velocidade do vento a dois metros de altura (e) e totais decendiais precipitação pluviométrica (f) esperados a 25, 50, e 75% de probabilidade em Rio Largo – AL.

#### 4.1.4.1 Balanço de radiação em Rio Largo

A radiação solar no topo da atmosfera manteve uma distribuição parabólica, sem oscilações visíveis. A sua variação média anual foi de  $29,27 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 18 a  $39,35 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 3. A radiação solar global em média variou de  $13,61 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 17 a  $24,15 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 34, o que representa aproximadamente 53% da radiação no topo da atmosfera. A radiação solar de ondas curtas apresentou uma distribuição semelhante ao da radiação solar global com valores próximo a esta. Sua variação média foi de  $10,48 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 16 a  $18,05 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 34, que correspondeu em média a 77% da radiação solar global. A radiação de ondas longas foi perdida para a atmosfera durante todo o ano com uma variação média quase imperceptível em relação as outras radiações de  $1,9 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 13 a  $3,41 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 34. As características anuais da radiação solar no topo da atmosfera, radiação solar de ondas longas, radiação solar de ondas curtas e radiação solar global na região de Rio Largo podem ser vistas na Figura 22.

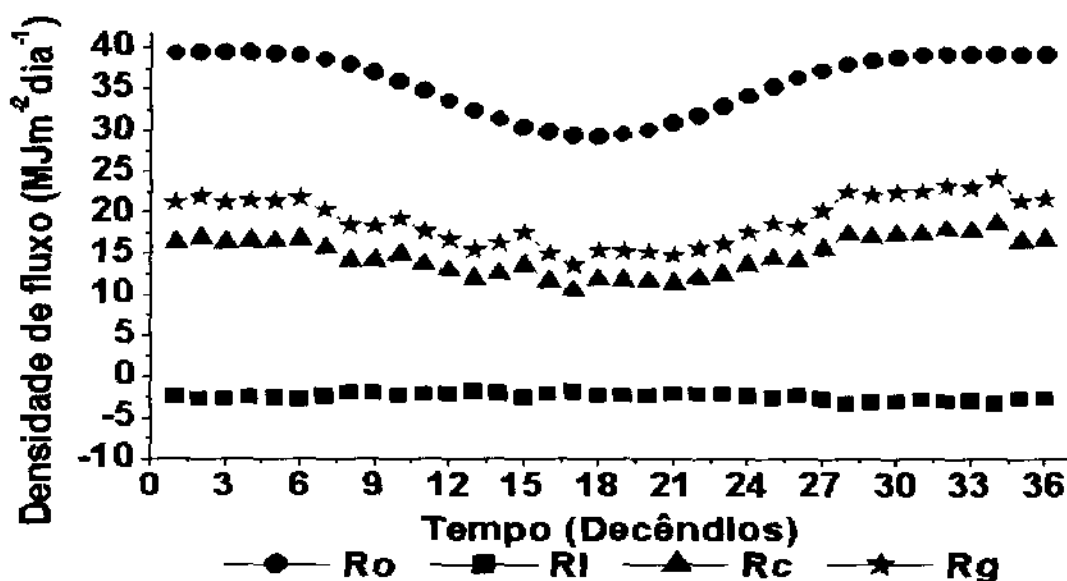


Figura 22. Estimativa decendial do Balanço de radiação (Ro é a radiação no topo da atmosfera; RI é o saldo de radiação de ondas longas; Rc é o saldo de radiação de ondas curtas e Rg é a radiação solar global) na localidade de Rio Largo – AL.

#### 4.1.4.3 Evapotranspiração de referência em Rio Largo

A evapotranspiração de referência em Rio Largo foi em média a menor em comparação com as cinco localidades apresentadas aqui. A evapotranspiração de referência máxima variou em média de  $3,37 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 165 a  $7,66 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 331 (Figura 23). Espera-se a 75% de probabilidade que a evapotranspiração de referência varie de  $3,06 \text{ mmdia}^{-1}$  ou menos no decêndio 18 a  $5,70 \text{ mmdia}^{-1}$  ou menos no decêndio 35 (Figura 24).

Em termos médios o período mais longo em que os valores do termo energético ficaram muito próximos aos da evapotranspiração de referência foi encontrado nessa localidade e entre os decêndios 12 e 23. Nessa como nas outras localidades a analisadas, o balanço de radiação tem maior atuação na perda de umidade para a atmosfera do que o poder evaporante do ar. Durante o ano, o termo energético da evapotranspiração correspondeu a aproximadamente 82%. O termo aerodinâmico variou de  $2,25 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 19 a  $3,98 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 36. A componente aerodinâmica da evapotranspiração de referência apresentou uma amplitude de valores igual a outras localidades, exceto Porto de Pedras. Esta variou de  $0,26 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 19 a  $1,32 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 35; o que correspondeu a aproximadamente 17% da evapotranspiração de referência durante o ano. A Figura 25 mostra a distribuição dos valores médios decendiais de evapotranspiração de referência e sua componente energética e aerodinâmica.

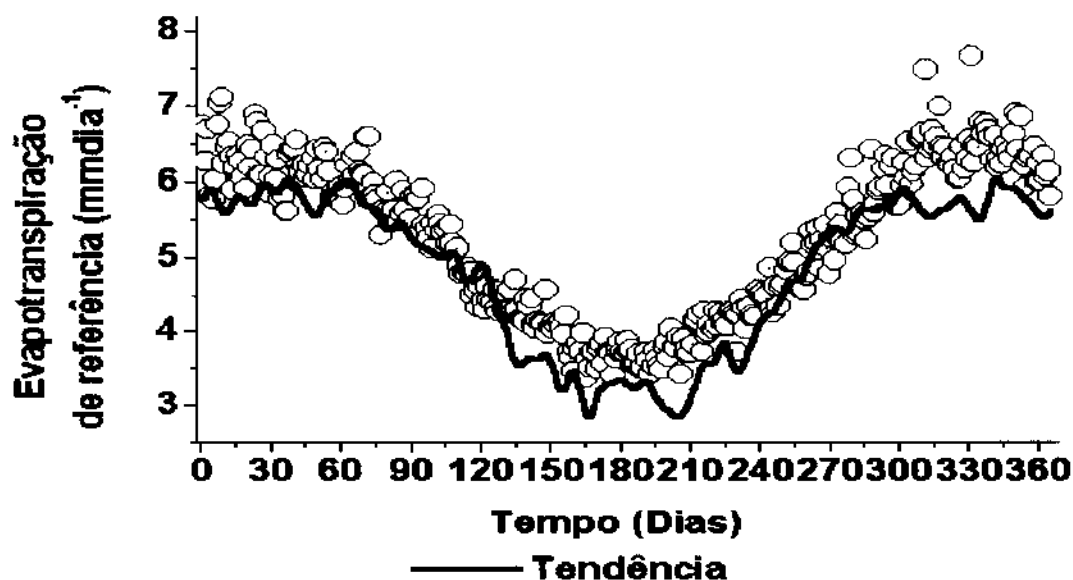


Figura 23. Evapotranspiração de referência máxima diária anual e sua curva de tendência na região de Rio Largo - AL

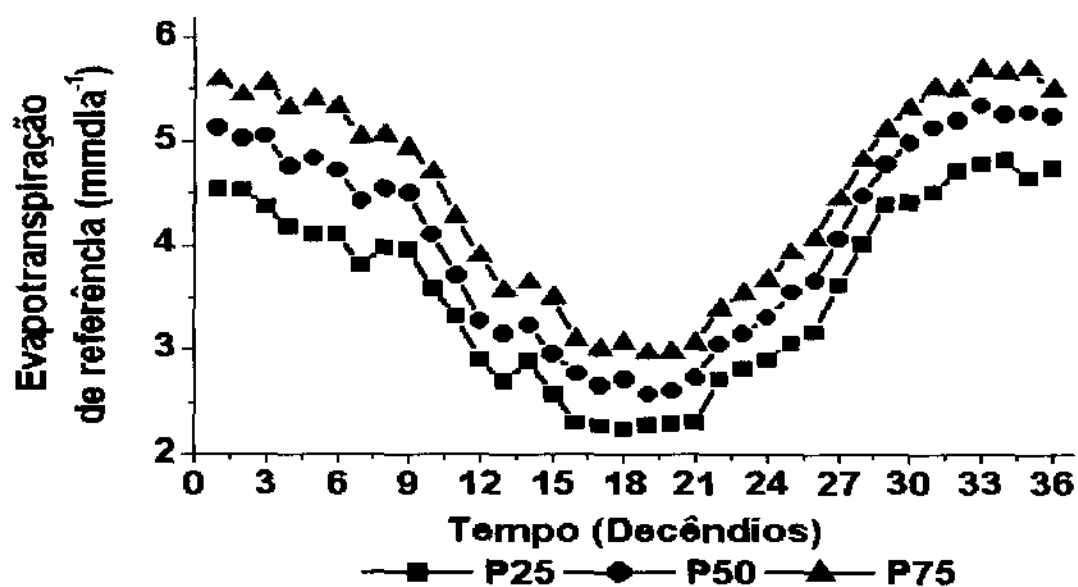


Figura 24. Evapotranspiração de referência média diária decendial esperada a 25, 50 e 75% para a região de Rio Largo - AL

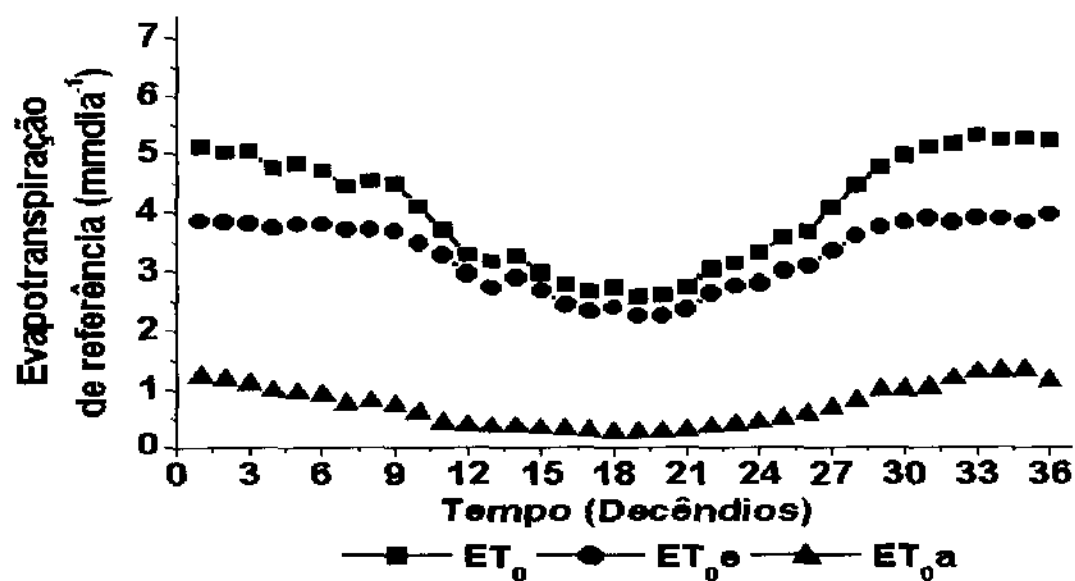


Figura 25. Valores decendiais de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), termo energético ( $ET_{0e}$ ) e termo aerodinâmico ( $ET_{0a}$ ) na região de Rio Largo - AL

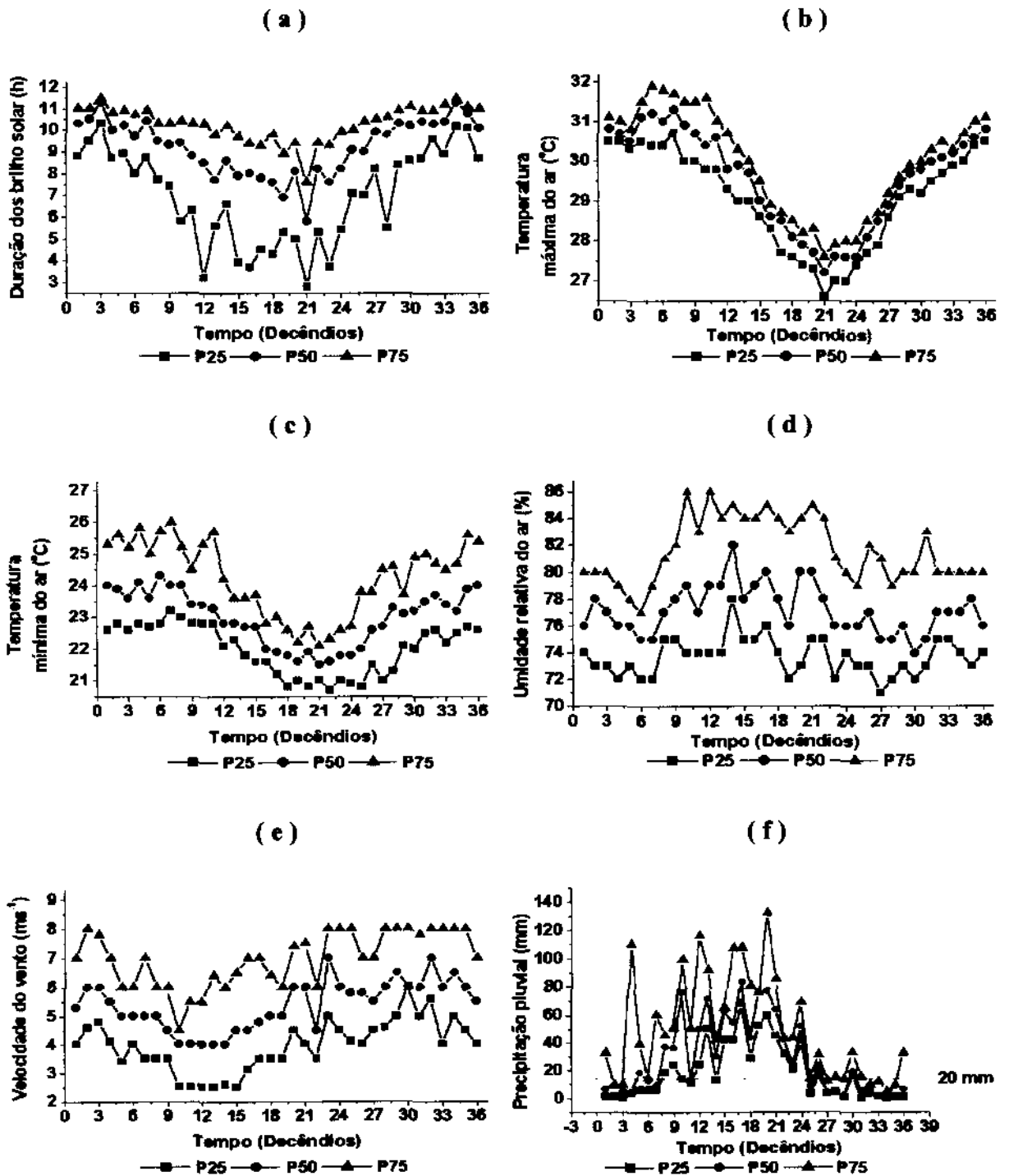
#### 4.1.5 Microrregião de Porto de Pedras

A duração do brilho solar no município de Porto de Pedras apresentou, como era de se esperar para uma localidade no litoral, os maiores valores dos Estado. Esta variou a 75% de probabilidade de 2,8 horas ou mais no decêndio 21 a 10,3 horas ou mais no decêndio 3 (Figura 26a). Durante o ano, a essa mesma probabilidade Porto de Pedras pode receber um total de 2.535 ou mais horas de luz.

A temperatura máxima do ar mostrou estar um pouco abaixo da média do Estado. A temperatura do ar máxima esperada a 75% de probabilidade chegou a 27,6 °C no decêndio 21 e alcançou 31,9 °C no decêndio 5 (Figura 26b). Os valores de temperatura do ar mínima apresentaram-se como os mais altos dentre os municípios considerados. A temperatura do ar mínima esperada a 75% de probabilidade nessa localidade variou de 20,7 °C ou mais no decêndio 22 a 23,2 °C ou mais no decêndio 7 (Figura 26c).

A umidade relativa do ar apresentou valores elevados durante todo o ano. Esses valores variaram a 75% de probabilidade de 71% ou mais no decêndio 27 a 78% ou mais no decêndio 14 (Figura 26d). Porto de Pedras apresenta os maiores valores de velocidade do vento observados dentre os municípios considerados. Esse fenômeno parece estar relacionado com a maior proximidade do mar e o efeito de suas brisas. A velocidade do vento esperada a 75% de probabilidade nessa região alcançou os 4,5  $\text{ms}^{-1}$  no decêndio 10 e os 8,0  $\text{ms}^{-1}$  no decêndio 32 (Figura 26e).

Os totais decendiais de precipitação pluvial esperados a 75% de probabilidade em Porto de Pedras podem variaram de 0 mm ou mais no decêndio 31 a 68,3 mm ou mais no decêndio 17. Nesta localidade, espera-se a essa mesma probabilidade uma precipitação pluvial anual igual ou superior a 664,2 mm. Tomando como início da estação chuvosa o primeiro decêndio em que a precipitação pluvial apresenta-se maior ou igual a 20 mm (Davy *et al.*, 1976); nesse sentido o período úmido de Porto de Pedras vai do decêndio 8 ao 26 (Figura 26f).



**Figura 26.** Distribuição dos percentis diários decendiais de duração do brilho solar (a), temperatura do ar máxima (b), temperatura do ar mínima (c), umidade relativa do ar (d), velocidade do vento (e) e totais decendiais precipitação pluvial (f) esperados a 25, 50, e 75% de probabilidade em Porto de Pedras – AL.

#### 4.1.5.1 Balanço de radiação em Porto de Pedras

A radiação solar no topo da atmosfera manteve uma distribuição parabólica, quase sem oscilação de um decêndio para outro comparando com as outras radiações. Em média, esta variou de  $29,37 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 18 a  $39,34 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 3. A radiação no topo da atmosfera também constituiu aproximadamente 59% da radiação solar global. A radiação solar global apresentou as maiores oscilações de valores entre os decêndios 27 e 7 e uma variação anual de  $15,07 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 21 a  $27,12 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 3. O saldo de radiação de ondas curtas apresentou uma distribuição semelhante a radiação solar global e com valores próximos. O saldo de radiação de ondas curtas utilizou em média 77% da radiação solar global e apresenta uma variação de  $11,60 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 21 a  $20,88 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 3. A perda de radiação de ondas longas para a atmosfera foi máxima, ou superior a  $3,20 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  entre os decêndios 26 e 4, isto em 41% dos decêndios. A variação do saldo de radiação de ondas longas foi quase imperceptível em relação as outras radiações ficando entre  $2,41 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 21 e  $3,42 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no decêndio 3. A Figura 27 mostra o balanço de energia anual em Porto de Pedras para a radiação solar no topo da atmosfera, radiação solar de ondas longas, radiação solar de ondas curtas e radiação solar global.

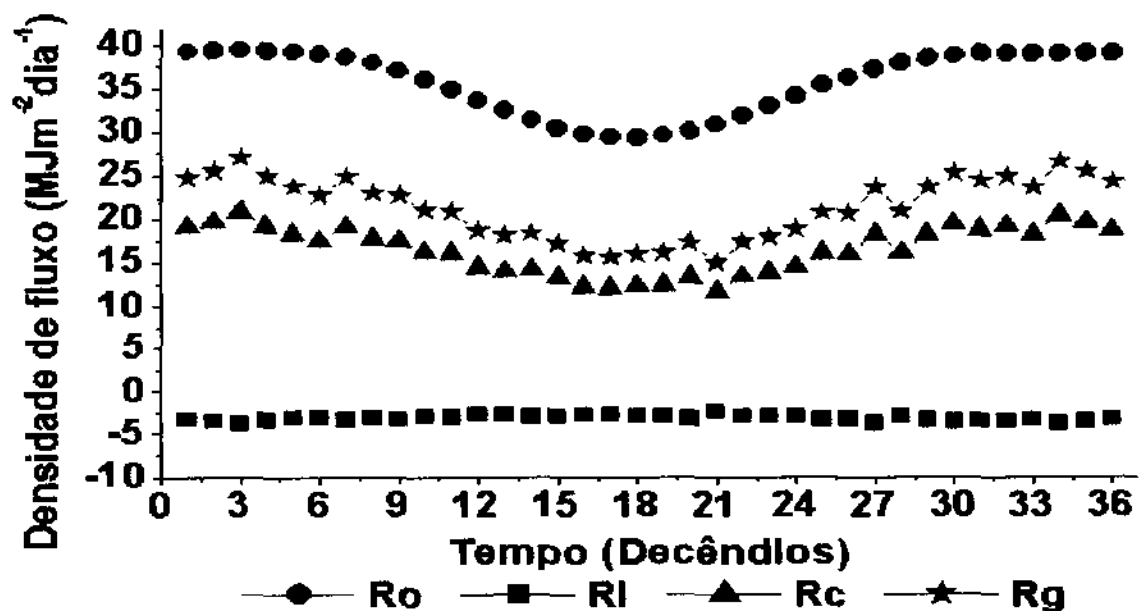
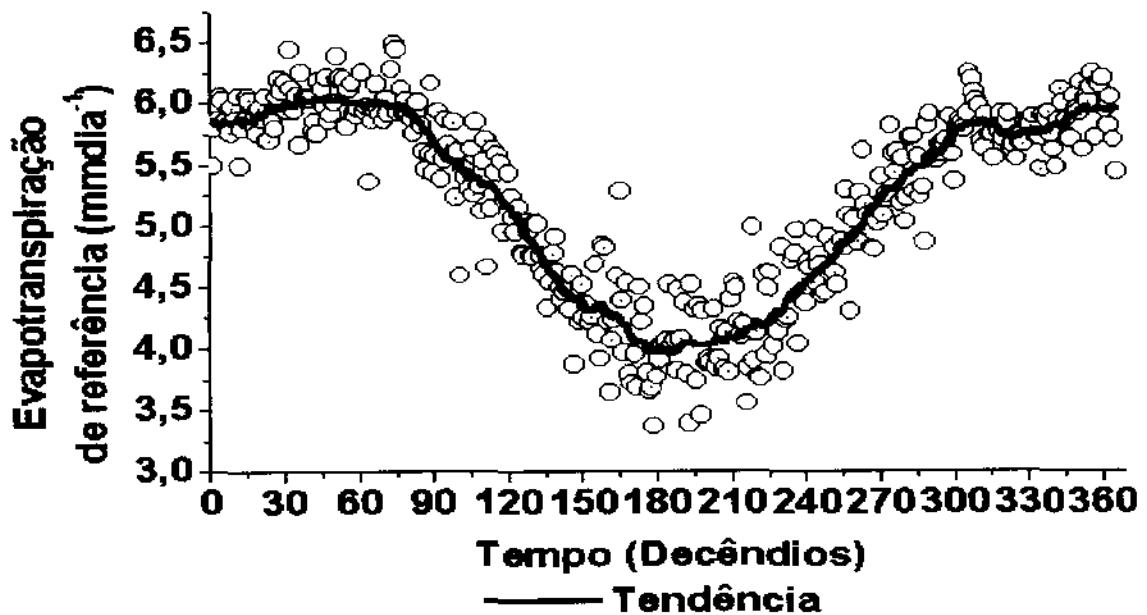


Figura 27. Estimativa decencial do Balanço de radiação (Ro é a radiação no topo da atmosfera; RI é o saldo de radiação de ondas longas; Rc é o saldo de radiação de ondas curtas e Rg é a radiação solar global) na localidade de Porto de Pedras – AL.

#### 4.1.5.2 Evapotranspiração de referência em Porto de Pedras

A climatologia de Porto de Pedras difere da climatologia de Rio Largo por apresentou principalmente os maiores valores de duração do brilho solar, e velocidade do vento. Apesar disso, os valores de evapotranspiração de referência foram bastante parecidos em média e na sua variabilidade.

Em médias as evapotranspirações de referência máximas diárias variaram de  $3,37 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 165 a  $7,66 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 331. A Figura 28 mostra a evapotranspiração de referência máxima diária anual e sua curva de tendência para a microrregião de Porto de Pedras – AL. A evapotranspiração de referência esperada a 75% de probabilidade chegou a  $3,66 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 21 e a  $5,92 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 7 (Figura 29). O total anual evapotranspiração de referência esperado em Porto de Pedras é em média de 1.811 mm.



**Figura 28.** Evapotranspiração de referência máxima diária anual e sua curva de tendência para a região de Porto de Pedras– AL

Diferentes das outras localidades, o termo aerodinâmico quase não variou ao longo do ano. Nesse respeito, sua variação foi de  $0,54 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 14 a  $1,28 \text{ mmdia}^{-1}$  no decêndio 30, essa componente constituiu aproximadamente 22% da evapotranspiração de referência. Os



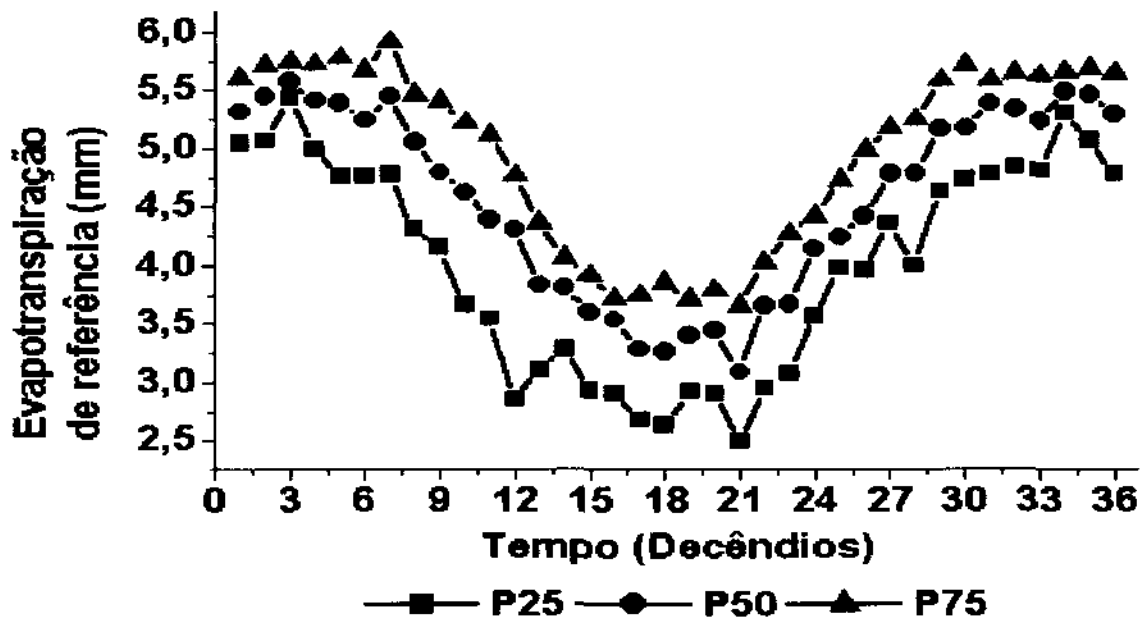


Figura 29. Evapotranspiração de referência decendial esperada a 25, 50 e 75% de probabilidade para região de Porto de Pedras - AL.

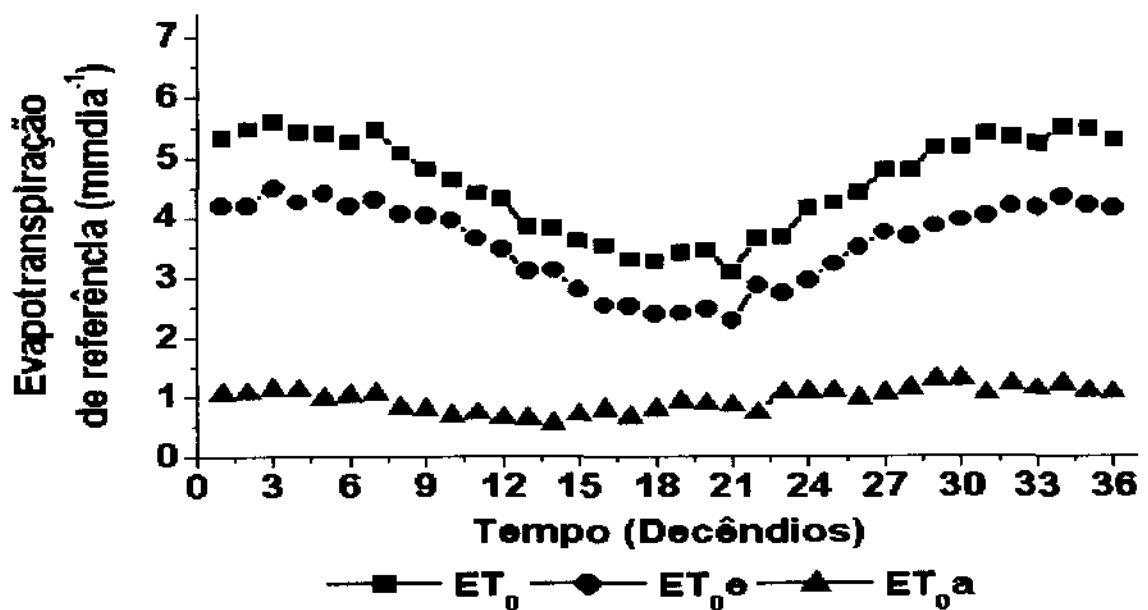


Figura 30. Valores decendiais de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), termo energético ( $ET_{0e}$ ) e termo aerodinâmico ( $ET_{0a}$ ) na região de Porto de Pedras - AL.

A Tabela 2 apresenta um resumo da descrição climática das localidades de Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo e Porto de Pedras em termos médios decendiais e totais pluviométricos para a estação chuvosa e a seca esperado a 75% de probabilidade.

Considerando que período mais chuvoso em Alagoas compreende os meses de março a agosto foi feita uma comparação das variáveis meteorológicas esperadas a 75% de probabilidade nas cinco localidades do Estado. Assim, a duração do brilho solar variou em média de 3,8 horas ou mais em Palmeira dos Índios a 5,3 horas ou mais em Porto de Pedras. A temperatura máxima do ar variou de 28,3 °C ou menos em Água Branca a 33,2 °C ou menos em Pão de Açúcar. A temperatura mínima do ar variou de 18,6 °C ou mais em Água Branca a 21,7 °C ou mais em Porto de Pedras. A umidade relativa do ar variou de 70 % ou mais em Pão de Açúcar a 82 % ou mais em Rio Largo. A velocidade do vento mostrou valores entre 1,5 ms<sup>-1</sup> ou menos em Rio Largo e 6,5 ms<sup>-1</sup> ou menos em Porto de Pedras. A precipitação pluvial nesse período variou de 93 mm ou mais em Pão de Açúcar a 595 mm ou mais em Porto de Pedras.

No período menos chuvoso que compreende aos meses de setembro a fevereiro, a essa mesma probabilidade, a duração do brilho solar variou de 6,8 horas ou mais em Rio Largo a 8,6 horas ou mais em Porto de Pedras. A temperatura máxima do ar variou de 30,4 °C ou menos em Porto de Pedras a 36,7 °C ou menos em Pão de Açúcar. A temperatura mínima do ar permaneceu entre 18,6 °C ou mais em Água Branca a 21,7 °C ou mais em Porto de Pedras. A umidade relativa do ar ficou entre 54 % ou mais em Pão de Açúcar e 73 % ou mais em Porto de Pedras. A velocidade do vento mostrou valores entre 2,0 ms<sup>-1</sup> ou menos em Rio Largo e 7,5 ms<sup>-1</sup> em Porto de Pedras. A precipitação pluvial apresentou-se entorno de 1 mm ou mais em Pão de Açúcar a 71 mm ou mais.

**Tabela 2:** Elementos meteorológicos e totais de precipitação pluvial esperados a 75% de probabilidade durante as estações chuvosa e seca nas localidades de Água Branca (AB), Pão de Açúcar (PA), Palmeira dos Índios (PI), Rio Largo (RL) e Porto de Pedras (PP).

<b>Municípios</b>		<b>AB</b>	<b>PA</b>	<b>PI</b>	<b>RL</b>	<b>PP</b>
<i>Estação chuvosa (Mar-Ago)</i>						
<b>Brilho solar (h)</b>	>	3,9	5,0	3,8	4,4	5,3
<b>Temp. máxima do ar (°C)</b>	<	28,3	33,2	30,2	29,8	29,6
<b>Temp. mínima do ar (°C)</b>	>	18,6	20,9	18,8	20,2	21,7
<b>Umidade relativa do ar (%)</b>	>	77	70	73	82	74
<b>Velocidade do vento (ms<sup>-1</sup>)</b>	<	3,8	2,5	3,3	1,5	6,5
<b>Precipitação (mm)</b>	>	408	93	409	587	595
<i>Estação Seca (Set-Fev)</i>						
<b>Brilho solar (h)</b>	>	7,4	8,2	7,5	6,8	8,6
<b>Temp. máxima do ar (°C)</b>	<	32,0	36,7	33,7	31,6	30,4
<b>Temp. mínima do ar (°C)</b>	>	18,6	20,9	18,8	20,2	21,7
<b>Umidade relativa do ar (%)</b>	>	64	54	63	71	73
<b>Velocidade do vento (ms<sup>-1</sup>)</b>	<	4,2	3,0	4,7	2,0	7,5
<b>Precipitação (mm)</b>	>	13	1	34	71	69

#### 4.2 Avaliação agrometeorológica para cultura do mamão

A precipitação pluvial na microrregião de Água Branca constitui o principal empecilho ao desenvolvimento da cultura do mamão. Em média espera-se uma precipitação pluvial anual de 1012,0 mm e a 75% de probabilidade de 421,0mm ou mais. O déficit hídrico para a cultura do mamão, considerando uma exigência hídrica mínima anual de 1200mm é em média de 188mm. A um nível de confiabilidade de 75% de não falta água para a cultura do mamão deve-se manter uma reserva hídrica de 779mm. O ótimo de duração de brilho solar para a cultura do mamão é de no mínimo 6 horas de sol por dia. Espera-se a 75% de probabilidade que a duração do brilho solar seja de 5,4 ou mais horas; ou ainda espera-se a 50% de probabilidade valores médios diários anuais de 7,9 horas. Isso indica que pode ocorrer dias em que a duração do brilho solar seja menor do que a esperada para o ótimo desenvolvimento da cultura. Assim, com exceção da precipitação pluvial e talvez alguns dias do ano em que a duração do brilho solar pode ser menor que o exigido pela cultura todos os outros elementos meteorológicos analisados estão dentro do considerado como ótimo para o desenvolvimento da cultura do mamão. A Tabela 3 mostra uma comparação das necessidades bioclimáticas da cultura do mamão com as condições meteorológicas médias e esperada a 75% de probabilidade na região de Água Branca – AL.

**Tabela 3.** Comparação entre as necessidades bioclimáticas da cultura do mamão (NBM) com as condições meteorológicas da microrregião de Água Branca – AL médias e a 75% de probabilidade.

Elementos meteorológicos	NBM	Condições meteorológicas			
		Média	Apta	75%	Apta
Precipitação pluvial (mm)	1200-1500	1020,0	Não	≥ 421	Não
Temperatura mínima do ar (°C)	≥ 17,0	19,4	Sim	≥ 18,8	Sim
Temperatura máxima do ar (°C)	≤ 38,0	29,0	Sim	≤ 30,1	Sim
Umidade relativa do ar (%)	≥ 70,0	75,0	Sim	≥ 72	Sim
Duração do brilho solar (horas)	≥ 6,0	7,9	Sim	≥ 5,4	Não
Velocidade do vento (ms <sup>-1</sup> )	≤ 7,0	3,5	Sim	≤ 4,0	Sim

**Observação:** O símbolo ≥ significa o valor ou mais e o símbolo ≤ significa o valor ou menos.

Os elementos meteorológicos na microrregião de Pão de Açúcar que podem prejudicar o ótimo desenvolvimento da cultura do mamão são a umidade relativa do ar e a precipitação pluvial. A cultura do mamão exige uma média diária anual igual ou superior a 70% de umidade relativa do ar. A localidade oferece a 75% de probabilidade valores iguais ou superiores a 62%, em média esse valor é de 67%; ou seja, a localidade em média oferece as condições para o ótimo desenvolvimento da cultura do mamão, mas pode ocorrer alguns dias em que a umidade relativa do ar seja inferior a esse ótimo considerando uma probabilidade de 75%. A precipitação pluvial anual esperada a 75% de probabilidade em Pão de Açúcar é de no mínimo 95mm e sua média é de 618mm. Essa condição gera uma deficiência hídrica para a cultura do mamão de no máximo 1.105mm anuais a 75% de probabilidade ou em média de 582mm. Os outros elementos meteorológicos mostraram-se dentro das exigências da cultura para o seu ótimo desenvolvimento. A Tabela a mostra uma comparação das necessidades bioclimáticas da cultura do mamão com as condições meteorológicas médias e esperada a 75% de probabilidade na região de Pão de Açúcar – AL.

**Tabela 4.** Comparação entre as necessidades bioclimáticas da cultura do mamão (NBM) com as condições meteorológicas da microrregião de Pão de Açúcar – AL médias e a 75% de probabilidade.

Elementos meteorológicos	NBM	Condições meteorológicas			
		Média	Apta	75%	Apta
Precipitação pluvial (mm)	1200-1500	618,0	Não	≥ 94,6	Não
Temperatura mínima do ar (°C)	≥ 17,0	22,5	Sim	≥ 21,5	Sim
Temperatura máxima do ar (°C)	≤ 38,0	34,0	Sim	≤ 34,9	Sim
Umidade relativa do ar (%)	≥ 70,0	67,0	Não	≥ 62,0	Não
Duração do brilho solar (horas)	≥ 6,0	8,5	Sim	≥ 6,6	Sim
Velocidade do vento (ms <sup>-1</sup> )	≤ 7,0	1,9	Sim	≤ 2,7	Sim

**Observação:** O símbolo ≥ significa isso ou mais e o símbolo ≤ significa isso ou menos.

Os elementos meteorológicos umidade relativa do ar e duração do brilho solar na microrregião de Palmeira dos Índios podem apresentar-se em alguns dias do ano um pouco abaixo do esperado para o ótimo desenvolvimento da cultura, sem na prática apresentar efeitos negativos sobre cultura do mamão. A umidade relativa do ar média diária anual esperada a 75% de probabilidade é de 68% ou mais quando o ideal seria 70% ou mais. O mesmo ocorre com a duração do brilho solar que é de 5,7 horas ou mais quando o ideal é acima de 6 horas de sol por dia. Entretanto, em média a umidade relativa do ar é de 72% e a duração do brilho solar é de 8,1 horas; ou seja, estão dentro do exigido. Já a precipitação pluvial anual mostrou-se insuficiente. Espera-se a 75% de probabilidade uma precipitação pluvial anual de 443mm ou mais, isso indica que pode haver uma carência de no máximo 757mm. Espera-se em média que a precipitação pluvial anual seja de 1191mm, isso implica num déficit de 9mm no ano, o que na pratica é desprezível. A Tabela 5 mostra uma comparação das necessidades bioclimáticas da cultura do mamão com as condições meteorológicas médias e esperada a 75% de probabilidade na região de Palmeira dos Índios – AL.

**Tabela 5.** Comparação entre as necessidades bioclimáticas da cultura do mamão (NBM) com as condições meteorológicas da microrregião de Palmeira dos Índios – AL médias e a 75% de probabilidade.

Elementos meteorológicos	NBM	Condições meteorológicas			
		Média	Apta	75%	Apta
Precipitação pluvial (mm)	1200-1500	1191,0	Não	≥ 443	Não
Temperatura mínima do ar (°C)	≥ 17,0	19,9	Sim	≥ 19,0	Sim
Temperatura máxima do ar (°C)	≤ 38,0	30,9	Sim	≤ 31,9	Sim
Umidade relativa do ar (%)	≥ 70,0	72,0	Sim	≥ 68,0	Não
Duração do brilho solar (horas)	≥ 6,0	8,1	Sim	≥ 5,7	Não
Velocidade do vento (ms <sup>-1</sup> )	≤ 7,0	3,4	Sim	≤ 4,0	Sim

**Observação:** O símbolo ≥ significa isso ou mais e o símbolo ≤ significa isso ou menos.

A microrregião de Rio Largo apresenta em média e a 75% de probabilidade para a cultura do mamão excelentes condições precipitação pluvial, temperatura mínima do ar, temperatura máxima do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. A duração do brilho nessa localidade a 75% de probabilidade apresenta valores médios diários anuais iguais ou superiores a 5,6 horas quando o ótimo seria acima de 6,0 horas. Na prática pode-se dizer que a região satisfaz a exigência da cultura do mamão com relação a duração do brilho solar. A Tabela 6 mostra uma comparação das necessidades bioclimáticas da cultura do mamão com as condições meteorológicas médias e esperada a 75% de probabilidade na região de Rio Largo - AL.

**Tabela 6.** Comparação entre as necessidades bioclimáticas da cultura do mamão (NBM) com as condições meteorológicas da microrregião de Rio Largo - AL médias e a 75% de probabilidade.

Elementos meteorológicos	NBM	Condições meteorológicas			
		Média	Apta	75%	Apta
Precipitação pluvial (mm)	1200-1500	1.805,0	Sim	≥ 658,0	Não
Temperatura mínima do ar (°C)	≥ 17,0	20,9	Sim	≥ 20,3	Sim
Temperatura máxima do ar (°C)	≤ 38,0	29,8	Sim	≤ 30,7	Sim
Umidade relativa do ar (%)	≥ 70,0	82,0	Sim	≥ 77,0	Sim
Duração do brilho solar (horas)	≥ 6,0	7,0	Sim	≥ 5,6	Não
Velocidade do vento (ms <sup>-1</sup> )	≤ 7,0	1,4	Sim	≤ 1,7	Sim

**Observação:** O símbolo ≥ significa isso ou mais e o símbolo ≤ significa isso ou menos.

As condições meteorológicas precipitação pluvial, temperatura do ar mínima, temperatura do ar máxima, umidade relativa do ar, duração do brilho solar e velocidade do vento na microrregião de Porto de Pedras encontram-se dentro das exigências esperadas para que a cultura do mamão apresente um ótimo desenvolvimento. A tabela 7 mostra uma comparação entre as necessidades agrometeorológicas da cultura do mamão e as condições meteorológicas esperadas a 50 e 75% de probabilidade na microrregião de Porto de Pedras – AL.

**Tabela 7.** Comparação entre as necessidades bioclimáticas da cultura do mamão (NBM) com as condições meteorológicas da microrregião de Porto de Pedras – AL médias e a 75% de probabilidade.

Elementos meteorológicos	NBM	Condições meteorológicas			
		Média	Apta	75%	Apta
Precipitação pluvial (mm)	1200-1500	1.505,0	Sim	≥ 664,0	Não
Temperatura mínima do ar (°C)	≥ 17,0	23,0	Sim	≥ 22,0	Sim
Temperatura máxima do ar (°C)	≤ 38,0	29,6	Sim	≤ 30,0	Sim
Umidade relativa do ar (%)	≥ 70,0	77,0	Sim	≥ 74,0	Sim
Duração do brilho solar (horas)	≥ 6,0	9,2	Sim	≥ 7,0	Sim
Velocidade do vento (ms <sup>-1</sup> )	≤ 7,0	5,4	Sim	≤ 7,0	Sim

**Observação:** O símbolo ≥ significa isso ou mais e o símbolo ≤ significa isso ou menos.

### 4.3 Análise micrometeorológica em cultivo de mamão no Pilar

#### 4.3.1 Descrição meteorológica

A irrigação e a precipitação pluvial contribuíram bastante para a manutenção do solo próximo da capacidade de campo e conseqüentemente mantendo praticamente constantes as características energéticas e hídricas do solo no cultivo de mamão. O período mais chuvoso ocorreu entre o dia 73 (14/03) e o dia 98 (08/04), entretanto ocorreram 52 dias secos, sendo 25



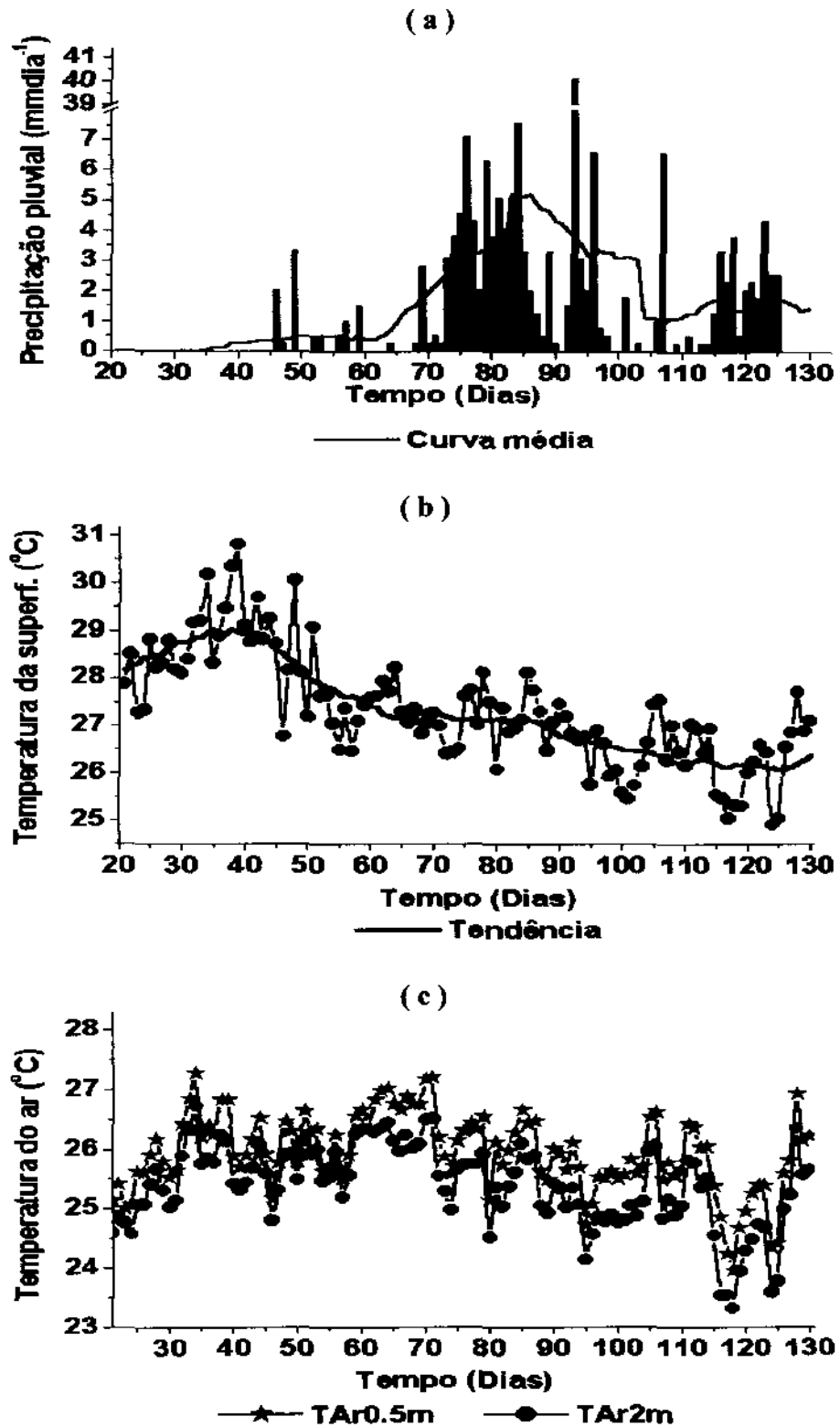
dias no início do experimento, 5 no final e 22 dias intercalados durante os períodos chuvosos. A precipitação pluvial diária máxima foi de 40,13 no dia 93 (03/04) e o total de precipitação pluvial foi de 173,74 mm nos 110 dias medidos. A descrição da precipitação pluvial consta na Figura 31a.

A variação da temperatura da superfície do mamão consta na Figura 31b. A temperatura da superfície apresentou uma tendência de valores inversamente proporcional a precipitação. Esta, no começo do experimento, tinha tendência crescente até começar a chover; então por volta do dia 39 (08/02) a temperatura da superfície cai de 30,8 °C para o mínimo de 24,9 no dia 124 (04/05).

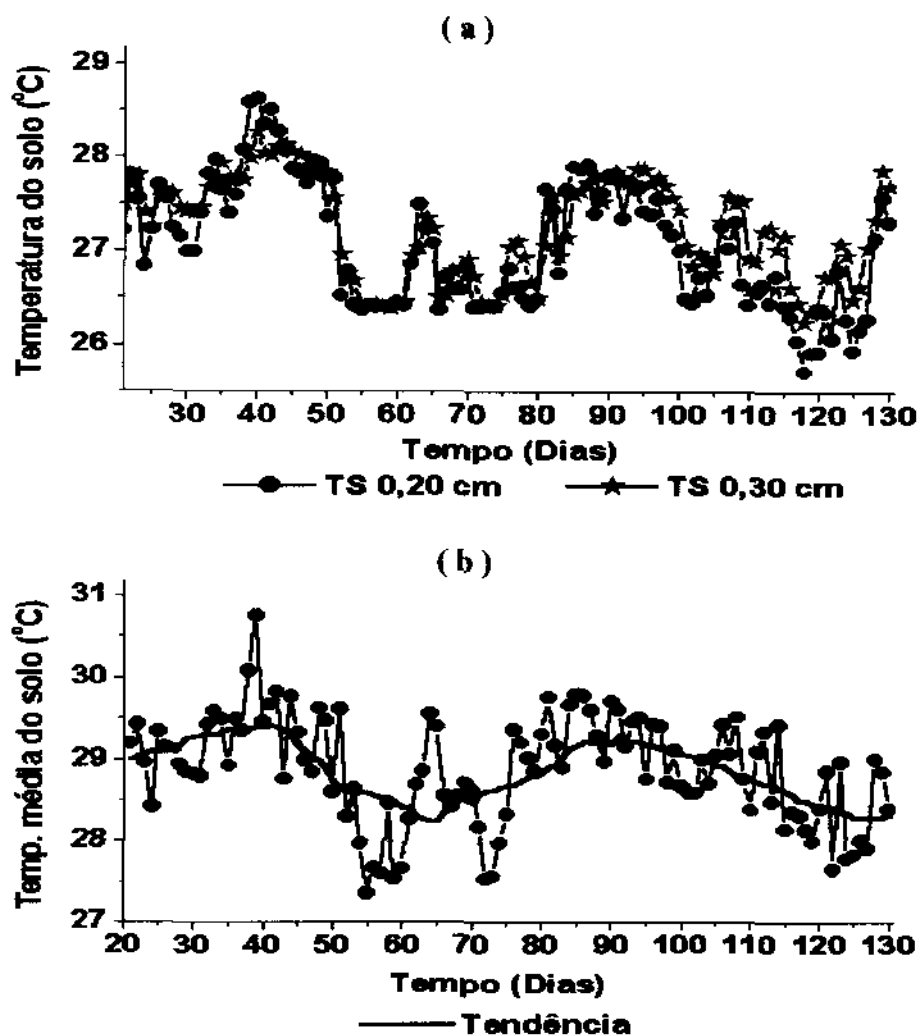
A temperatura do ar a 0,5 e 2,0 m de altura da mostrou uma distribuição semelhante entre si, com valores próximos. Os maiores valores de temperatura do ar foram observados a 0,5 m de altura do solo. Esta oscilou bastante durante decorre do estudo permanecendo quase todo o tempo entorno de 26 °C. Sua variação real foi de 23,9 °C no dia 118 (28/04) a 27,3 °C no dia 34 (03/02). Já a temperatura do ar a 2,0 m de altura da cultura variou de 23,3 °C no dia 118 (28/04) a 26,7 °C no dia 34 (03/02). A variação das temperaturas do ar a 0,5 e 2,0 m de altura da cultura pode ser vista na Figura 31c.

A temperatura do solo a 0,20 m de profundidade variou de 25,7°C no 118 (28/04) a 28,6 °C (09/02). A temperatura do ar a 0,30 m de profundidade variou de 26,2 °C a 28,3 °C. A distribuição da temperatura do solo a 0,20 e a 0,30 m de profundidade foram semelhantes entre si, tanto que a maior diferença entre a essas duas temperaturas foi de 0,9 °C e ocorreu no dia 109 (19/04). Os menores valores da temperatura do solo a 0,20 e a 0,30 m de profundidade ocorreram pouco antes do período mais chuvoso e no final desse. A distribuição dos valores diários de temperatura do solo a 0,20 e 0,30 m de profundidade no experimento de mamão em Pilar- AL consta da Figura 32a.

A média da temperatura média do solo durante o experimento foi de 28,9 °C, como pode ser visto na curva de tendência da temperatura média do solo. A temperatura média do solo variou de 27,3 °C no dia 55 (24/02) a 30,7 °C no dia 39 (08/02). A Distribuição dos valores diários de temperatura média do solo no experimento de mamão em Pilar- AL consta da Figura 32b.



**Figura 31.** Distribuição dos totais diários e a curva de tendência da precipitação pluvial (a), temperatura da superfície (b) e temperatura do ar a 0,5 e 2,0 m de altura (c) no período do de 20/01 a 10/05/2001 em Pilar- AL.



**Figura 32.** Distribuição diária da temperatura do solo a 20 e 30 cm de profundidade (a), temperatura média do solo e sua tendência (b) no período do de 20/01 a 10/05/2001 em Pilar- AL

A distribuição dos valores de umidade relativa do ar a 0,5 m de altura do solo e a 2,0 m de altura da cultura permaneceram próximos. A umidade a 0,5 m de altura do solo foi maior do que a umidade a 2,0 m de altura da cultura antes do início do período mais chuvoso ou por volta do dia 60 (01/03) e no período mais chuvoso a situação se inverte. A umidade relativa do ar a 0,5 m de altura do solo variou de 70% no dia 65 (01/03) a 87% no dia 80 (21/03) e a umidade relativa do ar a 2,0 m de altura da cultura variou de 71% no dia 42 (11/02) a 89% no dia 125 (05/05). Detalhes sobre a umidade relativa do ar a 0,5 m de altura do solo e a 2,0 m de altura da cultura podem ser vistos na Figura 33a.

A velocidade do vento a dois metros de altura da cultura apresentou uma distribuição inversamente proporcional a umidade relativa do ar. Antes do dia 45 (14/03) a tendência dos valores de velocidade do vento eram de aproximadamente  $2,4 \text{ ms}^{-1}$  e constantes; após esse dia eles passam a cair progressivamente e de forma linearmente mais ou menos linear até o dia 125 (05/05). A velocidade do vento a dois metros de altura da cultura variou de  $1,2 \text{ ms}^{-1}$  no dia 118 (28/04) a  $2,8 \text{ ms}^{-1}$  no dia 38 (07/02). A Figura 33b mostra a distribuição dos valores da velocidade do vento a dois metros de altura da cultura num cultivo de mamão em Pilar-AL.

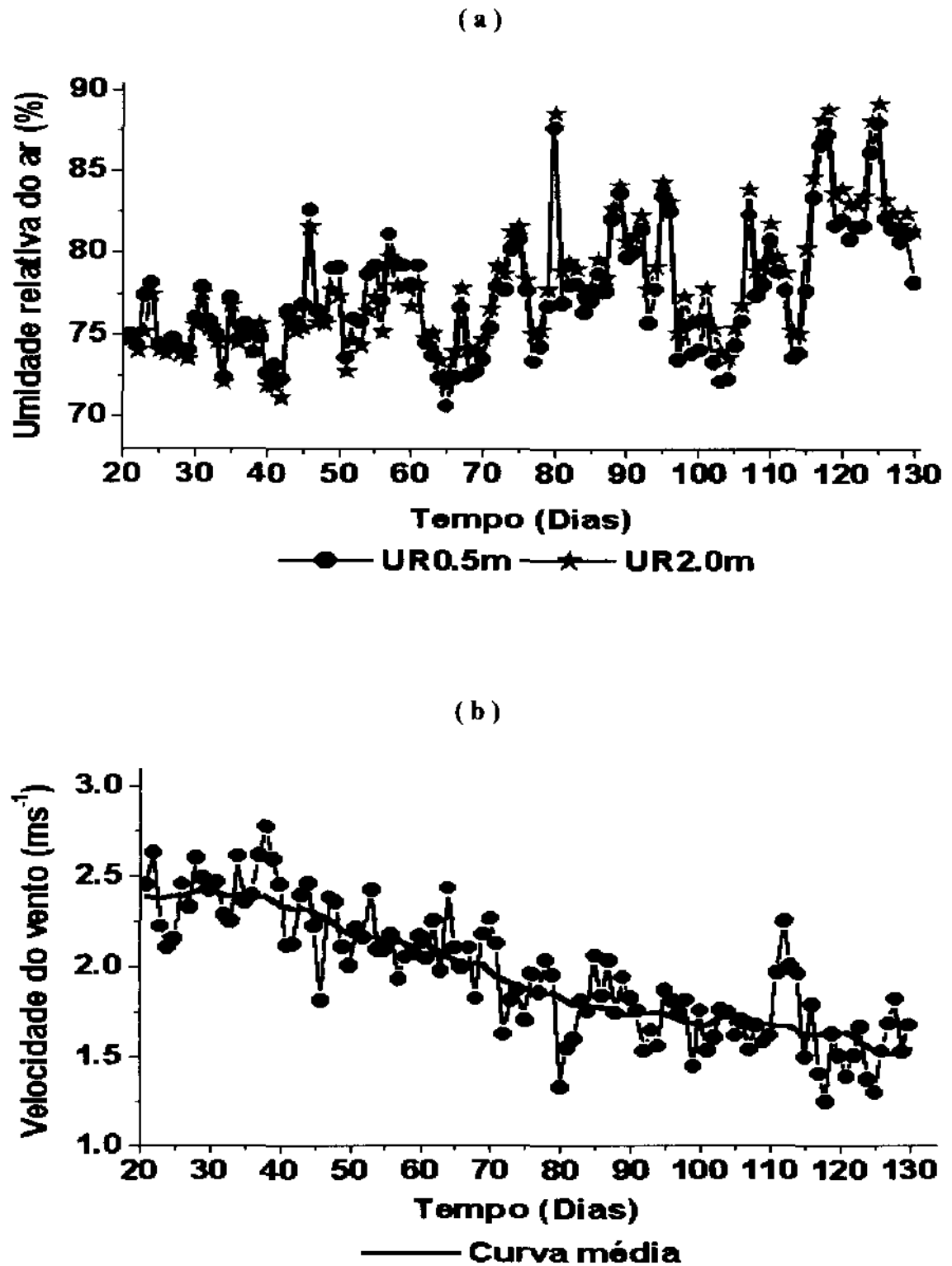
#### 4.3.2 Balanço de energia horário

A análise do balanço de energia horário na cultura do mamão na região de Pilar pelo método da razão de Bowen considerou duas situações distintas durante o decorrer do experimento. A primeira é com relação aos totais de precipitação. Considerou-se o dia 84 por representar os dias mais chuvosos da região e o dia 93 por ser o dia mais chuvoso. A segunda considerou um dia de máximo e mínimo de saldo de radiação.

Nos balanços de energia em Pilar, observou-se que o total dos valores de saldo de radiação matutino é mostraram-se sempre superiores aos vespertinos.

O dia 84 apresentou uma precipitação pluvial de 7,6 mm, temperatura média do ar de  $25,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatura da superfície da cultura de  $27,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi de 78% e velocidade do vento de  $1,7 \text{ ms}^{-1}$  e saldo de radiação de  $17,33 \text{ MJm}^{-2}$ .

O balanço de energia no dia 84 apresentou as 11:00hs os máximos de saldo de radiação, fluxo de calor no solo, fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente que foram de  $2,74 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ,  $0,27 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ,  $0,51 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$  e  $2,22 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ , respectivamente. Os totais diários do saldo de radiação, fluxo de calor no solo, fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente que foram de  $17,33 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ,  $1,73 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ,  $3,23 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$  e  $14,09 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ , respectivamente. A distribuição dos valores horários e diurnos dos fluxos de energia constam na Figura 34.



**Figura 33.** Valores decendiais e curva média da umidade relativa do ar a 0,5 e 2,0 m de altura (a) e velocidade do vento (b) no período do de 20/01 a 10/05/2001 em Pilar- AL

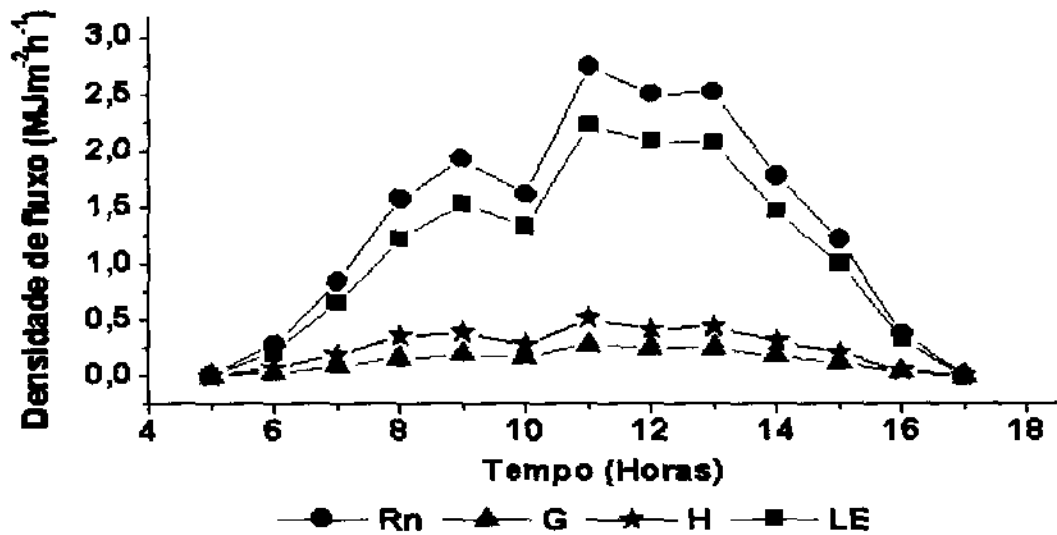


Figura 34. Balanço de energia horário na cultura do mamão para o dia 84 (25/03/2001) em Pilar-AL.

Nesse dia, no mínimo o fluxo de calor latente de evaporação utilizou 74,64% do saldo de radiação (06:00) e no máximo 86,62% as 16:00hs. Já fluxo de calor sensível utilizou no mínimo 13,38% (16:00 hs) e no máximo 25,36% (06:00 hs). Assim, em média pode-se dizer que o saldo de radiação foi consumido em 10% no fluxo de calor no solo, 19% no fluxo de calor sensível e em 81% no fluxo de calor latente, respectivamente. A razão de Bowen mostrou valores pequenos, próprios de solo na capacidade de campo, variando de 0,04 (16:00hs) à 0,21 (06:00hs). A evapotranspiração horária da cultura horária variou de 0,08 mmh<sup>-1</sup> (06:00 hs) a 0,87 mmh<sup>-1</sup> (11:00 hs); em média 0,5 mmh<sup>-1</sup> durante o dia. O total diário de evapotranspiração da cultura foi de 5,49 mm. A Tabela 8 mostra a utilização do saldo de radiação no fluxo de calor sensível, no fluxo de calor latente de evaporação, razão de Bowen e a evapotranspiração da cultura no dia 84 em Pilar-AL.

**Tabela 8.** Utilização de saldo de radiação no fluxo de calor sensível (H/Rn) e fluxo de calor latente de evaporação (LE/Rn), razão de Bowen ( $\beta$ ) e evapotranspiração da cultura horária no dia 84 em Pilar- AL.

Hora	H/Rn (%)	LE/Rn (%)	$\beta$	ETc (mmh <sup>-1</sup> )
6	25.36	74.64	0.21	0.08
7	22.54	77.46	0.16	0.25
8	22.80	77.20	0.17	0.47
9	20.52	79.48	0.13	0.60
10	17.42	82.58	0.09	0.52
11	18.75	81.25	0.11	0.87
12	16.72	83.28	0.08	0.81
13	17.70	82.30	0.09	0.80
14	17.49	82.51	0.09	0.57
15	17.06	82.94	0.09	0.39
16	13.38	86.62	0.04	0.13
<b>Máximo</b>	25.36	86.62	0.21	0.87
<b>Médio</b>	19.07	80.93	0.11	0.50
<b>Mínimo</b>	13.38	74.64	0.04	0.08
<b>Total</b>				5,49

O dia 93 foi excepcionalmente chuvoso em relação aos outros do experimento, por isso foi escolhido para ser analisado como uma situação atípica dentre as observadas. Esse dia apresentou uma precipitação pluvial de 40,1 mmdia<sup>-1</sup>, temperatura da superfície da cultura de 26,7 °C, temperatura média do ar de 25,3 °C; umidade relativa do ar de 78% e velocidade do vento de 1,6 ms<sup>-1</sup>.

Os máximos de saldo de radiação, fluxo de calor no solo, fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente no balanço de energia do dia 93 foram de 2,81 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (12:00 hs), 0,28 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (12:00 hs) 0,70 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (07:00 hs) e 2,31 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (12:00 hs) respectivamente. Já os totais diários do saldo de radiação, fluxo de calor no solo, fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente foram de 17,77 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>, 1,78 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>, 3,84 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> e 13,94 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>.

respectivamente. Nesse dia, o fluxo de calor sensível apresentou-se maior que o fluxo de calor latente entre as 05:30 e as 08:30; isso indica o saldo de radiação estava sendo mais utilizado no aquecimento do solo do que na evaporação da água. A distribuição dos valores horários e diurnos dos fluxos de energia constam na Figura 35.

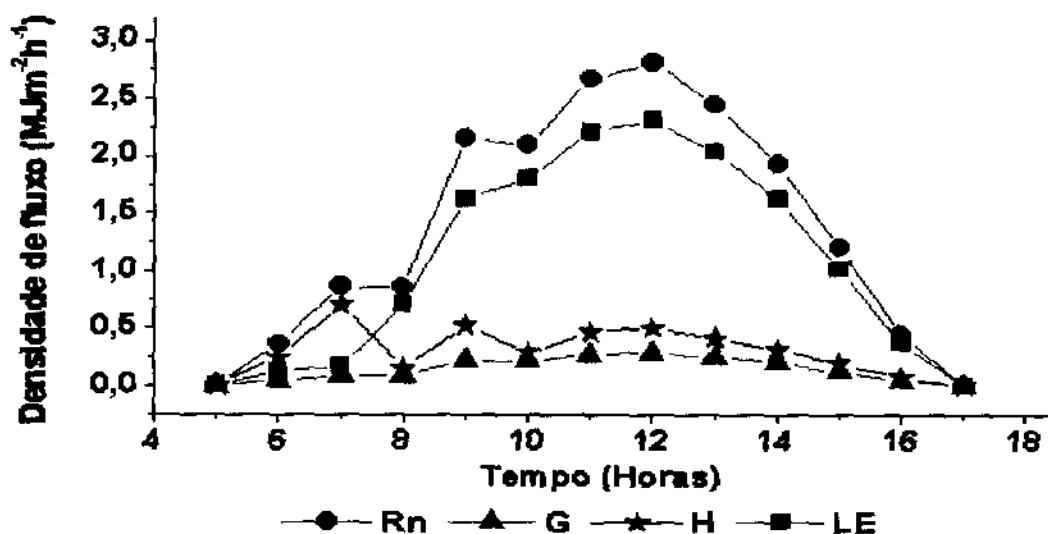


Figura 35. Balanço de energia horário na cultura do mamão para o dia 93 (03/04/2001) em Pilar-AL.

No dia 93, o mínimo do saldo de radiação utilizado pelo fluxo de calor latente de evaporação foi de 18,81% (07:00 hs) e o máximo foi de 86,26% (16:00 hs). Já fluxo de calor sensível utilizou no mínimo 13,47% (10:00 hs) e no máximo 81,19% (07:00 hs). Assim, em média pode-se dizer que o saldo de radiação foi consumido em 10% no fluxo de calor no solo, 28% no fluxo de calor sensível e em 82% no fluxo de calor latente, respectivamente. A razão de Bowen mostrou valores pequenos, próprios de solo na capacidade de campo, variando de 0,04 (10:00hs) à 3,79 (07:00hs). A evapotranspiração horária da cultura horária variou de 0,05 mmh<sup>-1</sup> (06:00 hs) a 0,90 mmh<sup>-1</sup> (12:00 hs); em média 0,49 mmh<sup>-1</sup> durante o dia. O total diário de evapotranspiração da cultura foi de 5,43 mm. A Tabela 9 mostra a utilização do saldo de radiação no fluxo de calor sensível, no fluxo de calor latente de evaporação, a razão de Bowen e a evapotranspiração da cultura no dia 93 em Pilar-AL.



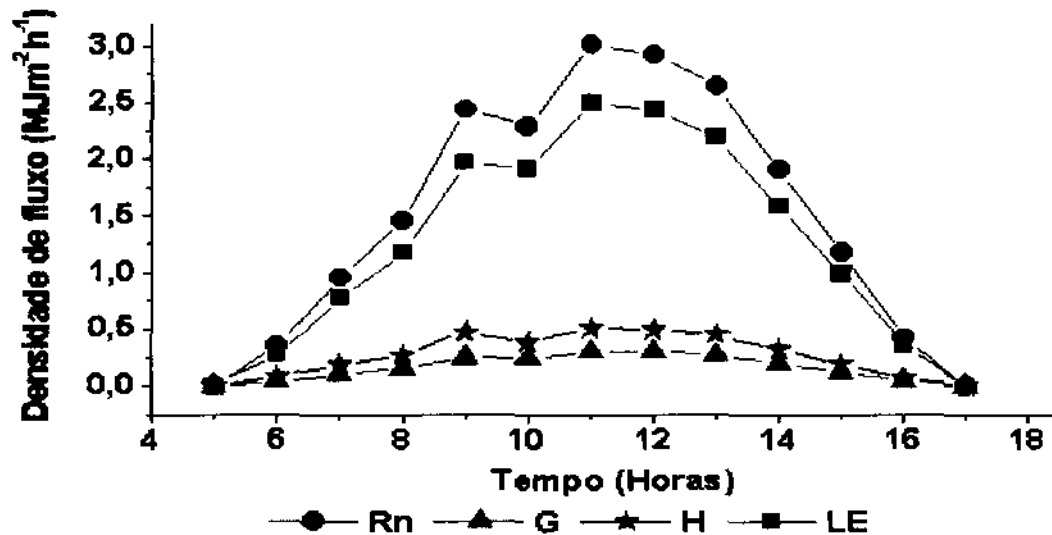
**Tabela 9.** Utilização de saldo de radiação no fluxo de calor sensível (H/Rn) e fluxo de calor latente de evaporação (LE/Rn), razão de Bowen ( $\beta$ ) e evapotranspiração da cultura horária no dia 93 em Pilar- AL.

Hora	H/Rn (%)	LE/Rn (%)	$\beta$	ETc (mmh <sup>-1</sup> )
6	68.06	31.94	1.82	0.05
7	81.19	18.81	3.79	0.06
8	17.31	82.69	0.09	0.27
9	24.36	75.64	0.19	0.63
10	13.74	86.26	0.04	0.70
11	17.29	82.71	0.09	0.86
12	17.72	82.28	0.09	0.90
13	16.85	83.15	0.08	0.79
14	15.91	84.09	0.07	0.63
15	16.10	83.90	0.07	0.39
16	15.68	84.32	0.07	0.14
Máximo	81.19	86.26	3.79	0.90
Médio	27.66	72.34	0.58	0.49
Mínimo	13.74	18.81	0.04	0.05
Total				5.43

O dia 63 apresentou o maior saldo de radiação medido durante o decorrer do experimento. Nesse dia não houve precipitação pluvial, temperatura da superfície da cultura de 27,7°C, temperatura média do ar de 26,3°C; umidade relativa do ar de 75% e velocidade do vento de 2,0 ms<sup>-1</sup>.

Os máximos de saldo de radiação, fluxo de calor no solo, fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente no balanço de energia do dia 63 foram de 3,00 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (11:00 hs), 0,30 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (11:00 hs), 0,51 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (11:00 hs) e 2,50 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (11:00 hs) respectivamente. Já os totais diários do saldo de radiação, fluxo de calor no solo, fluxo de calor sensível e fluxo de

calor latente foram de  $19,52 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ,  $1,95 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ,  $3,40 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$  e  $16,12 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ , respectivamente. A distribuição dos valores horários e diurnos dos fluxos de energia constam na Figura 36.



**Figura 36.** Balanço de energia horário na cultura do mamão para o dia 63 em Pilar- AL.

No dia 63, a utilização do saldo de radiação no fluxo de calor latente de evaporação variou de 76,77% (06:00 hs) a 86,38% (16:00 hs). Já fluxo de calor sensível variou de 13,62% (16:00 hs) a 23,23% (06:00 hs). Assim, em média pode-se dizer que o saldo de radiação foi consumido em 10% no fluxo de calor no solo, 18% no fluxo de calor sensível e em 82% no fluxo de calor latente, respectivamente. A razão de Bowen mostrou valores pequenos, próprios de solo na capacidade de campo, variando de 0,04 (16:00hs) à 0,17 (06:00hs). A evapotranspiração horária da cultura horária variou de  $0,10 \text{ mmh}^{-1}$  (06:00 hs) a  $0,97 \text{ mmh}^{-1}$  (11:00 hs); em média  $0,57 \text{ mmh}^{-1}$  durante o dia. O total diário de evapotranspiração da cultura foi de 6,28 mm. A Tabela 10 mostra a utilização do saldo de radiação no fluxo de calor sensível, no fluxo de calor latente de evaporação, a razão de Bowen e a evapotranspiração da cultura no dia 93 em Pilar- AL.

**TABELA 10.** Utilização de saldo de radiação no fluxo de calor sensível (H/Rn) e fluxo de calor latente de evaporação (LE/Rn), razão de Bowen ( $\beta$ ) e evapotranspiração da cultura horária no dia 63 em Pilar- AL.

<b>Hora</b>	<b>H/Rn (%)</b>	<b>LE/Rn (%)</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>ETc (mmh<sup>-1</sup>)</b>
6	23.23	76.77	0.17	0.10
7	19.10	80.90	0.11	0.30
8	18.78	81.22	0.11	0.46
9	19.27	80.73	0.11	0.77
10	16.61	83.39	0.08	0.74
11	16.88	83.12	0.08	0.97
12	16.70	83.30	0.08	0.95
13	17.01	82.99	0.08	0.85
14	17.00	83.00	0.08	0.62
15	16.07	83.93	0.07	0.38
16	13.62	86.38	0.04	0.14
<b>Máximo</b>	<b>23.23</b>	<b>86.38</b>	<b>0.17</b>	<b>0.97</b>
<b>Médio</b>	<b>17.66</b>	<b>82.34</b>	<b>0.09</b>	<b>0.57</b>
<b>Mínimo</b>	<b>13.62</b>	<b>76.77</b>	<b>0.04</b>	<b>0.10</b>
<b>Total</b>				<b>6.28</b>

O dia 125 foi considerado para a realização do balanço de energia por apresentar o menor saldo de radiação durante o experimento. Nesse dia, a precipitação pluvial foi de 2,5 mmdia<sup>-1</sup>, temperatura da superfície da 25,0°C, temperatura média do ar de 23,8°C; umidade relativa do ar de 89% e velocidade do vento de 1,3ms<sup>-1</sup>.

Os máximos de saldo de radiação, fluxo de calor no solo, fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente no balanço de energia do dia 125 foram de 1,42 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (12:00 hs), 0,14 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (12:00 hs), 0,27 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (10:00 hs) e 1,35 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (12:00 hs) respectivamente. Já os totais diários do saldo de radiação, fluxo de calor no solo, fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente foram de 8,62 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>, 0,86 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>, 1,48 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> e

7,13 MJm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>, respectivamente. A distribuição dos valores horários e diurnos dos fluxos de energia constam na Figura 37.

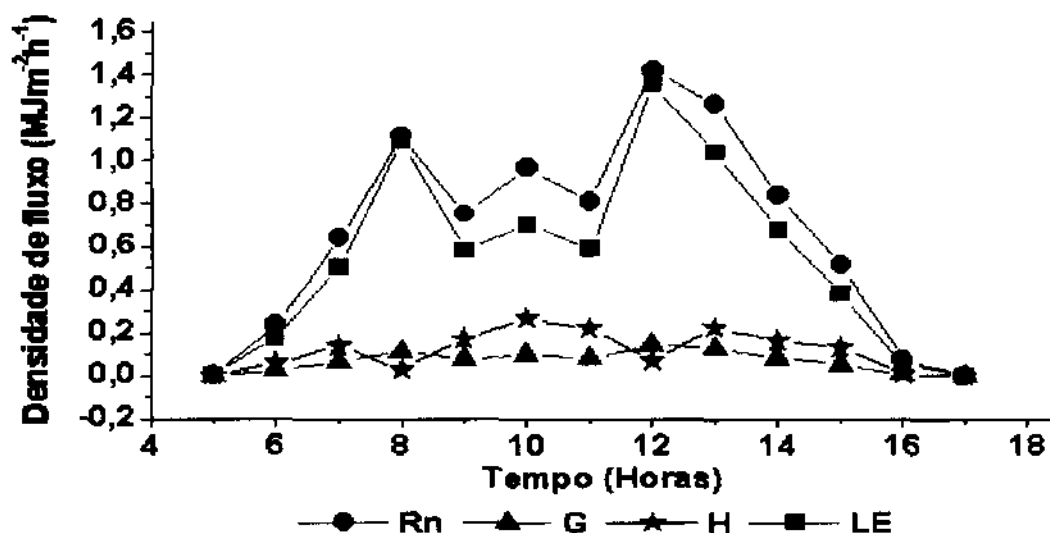


Figura 37. Balanço de energia horário na cultura do mamão para o dia 125 em Pilar- AL.

A evapotranspiração média horária da cultura no dia 125 foi de 0,55 mmh<sup>-1</sup>, com uma mínima de 0,02mmdia<sup>-1</sup> e máxima de 0,53 mmh<sup>-1</sup> as 12:00hs. A razão de Bowen foi pequena e positiva durante quase todo o dia, a exceção das 08:00hs e das 12:00hs que foi de -0,08 e -0,06, respectivamente. O saldo de radiação foi menos utilizado no fluxo de calor latente 10:00hs (72,4%) e mais as 08:00hs (97,4%). Já o fluxo de calor sensível consumiu do saldo de radiação 2,6 % as 08:00hs e 27,6% as 10:00hs. Essas informações a cerca do consumo do saldo de radiação pelos fluxos de calor no sensível e latente, a razão de Bowen e a evapotranspiração da cultura do mamão constam na Tabela 11.

No dia 125, a utilização do saldo de radiação no fluxo de calor latente de evaporação variou de 72,42% (10:00 hs) a 97,36% (08:00 hs). Já fluxo de calor sensível variou de 2,64% (08:00 hs) a 27,58% (10:00 hs). Assim, em média pode-se dizer que o saldo de radiação foi consumido em 10% no fluxo de calor no solo, 19,25% no fluxo de calor sensível e em 80,75% no fluxo de calor latente, respectivamente. A razão de Bowen mostrou valores pequenos, próprios de solo na capacidade de campo, variando de 0,04 (16:00hs) à 0,21 (06:00hs). A evapotranspiração horária da cultura horária variou de 0,08 mmh<sup>-1</sup> (06:00 hs) a 0,87 mmh<sup>-1</sup> (11:00 hs); em média 0,50 mmh<sup>-1</sup> durante o dia. O total diário de evapotranspiração da cultura foi de 5,49 mm. A Tabela 10 mostra a utilização do saldo de radiação no fluxo de calor

sensível, no fluxo de calor latente de evaporação, a razão de Bowen e a evapotranspiração da cultura no dia 125 em Pilar- AL.

**Tabela 11.** Utilização de saldo de radiação no fluxo de calor sensível (H/Rn) e fluxo de calor latente de evaporação (LE/Rn), razão de Bowen ( $\beta$ ) e evapotranspiração da cultura do mamão horária no dia 125 em Pilar- AL.

Hora	H/Rn (%)	LE/Rn (%)	$\beta$	ETc (mmh <sup>-1</sup> )
6	24,84	75,16	0,20	0,07
7	21,94	78,06	0,16	0,25
8	2,64	97,36	0,17	0,47
9	22,74	77,26	0,13	0,60
10	27,58	72,42	0,09	0,52
11	27,10	72,90	0,11	0,87
12	4,70	95,30	0,08	0,81
13	17,82	82,18	0,09	0,80
14	19,42	80,58	0,09	0,57
15	26,08	73,92	0,09	0,39
16	16,91	83,09	0,04	0,13
Máximo	27,58	97,36	0,21	0,87
Médio	19,25	80,75	0,11	0,50
Mínimo	2,64	72,42	0,04	0,08
Total				5,49

#### 4.3.3 Evapotranspiração de referência média diária

A evapotranspiração de referência diária para o local do experimento foi obtida para os métodos de Linacre, Radiação, Tanque classe A e Penman-Monteith com o saldo de radiação estimado e medido.

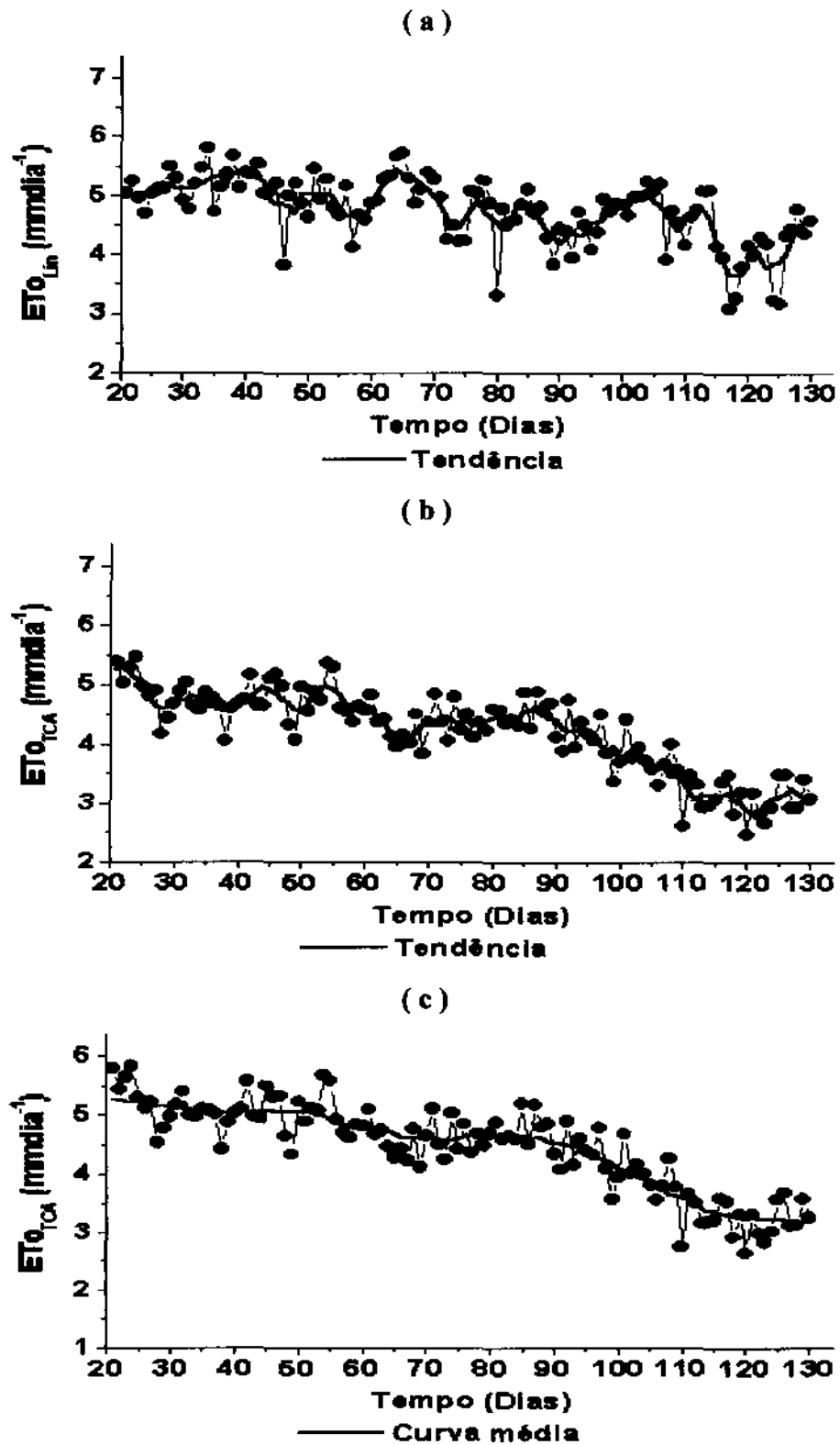
A evapotranspiração de referência pelo método de Linacre apresentou em média uma distribuição semelhante a da temperatura do ar medida a dois metros de altura. A

evapotranspiração de referência por esse método variou de  $3,09 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 117 (27/04) a  $5,80 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 34 (03/02); com uma média  $4,74 \text{ mmdia}^{-1}$  e desvio padrão de  $0,57 \text{ mmdia}^{-1}$ , que foi o menor dentre os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência. A distribuição dos valores evapotranspiração de referência pelo método de Linacre e sua tendência constam na Figura 38a.

A evapotranspiração de referência pelo método da Radiação apresentou junto com o método de Penman-Monteith com o saldo de radiação medido os maiores desvios padrões. As maiores variações nesse método ocorreram a partir do dia 40 devido ao aumento da nebulosidade do período mais chuvoso com uma leve tendência de queda. A evapotranspiração de referência variou de  $2,72 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 125 (05/05) a  $7,25 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 42 (11/02) e apresentou uma média e desvio padrão de  $5,35 \text{ mmdia}^{-1}$  e  $1,00 \text{ mmdia}^{-1}$ . A distribuição dos valores de evapotranspiração de referência pelo método da Radiação e sua tendência consta na Figura 38b.

A evapotranspiração de referência pelo método do Tanque Classe variou de  $2,48 \text{ mmdia}^{-1}$  dia 120 (30/04) a  $5,47 \text{ mmdia}^{-1}$  dia 24 (24/01). A média no período de foi de  $4,20 \text{ mmdia}^{-1}$ , a menor entre os métodos considerados e o desvio padrão foi de  $0,70 \text{ mmdia}^{-1}$  também o menor entre os métodos considerados. A distribuição dos valores de evapotranspiração de referência pelo método do Tanque Classe e sua tendência consta na Figura 38c.

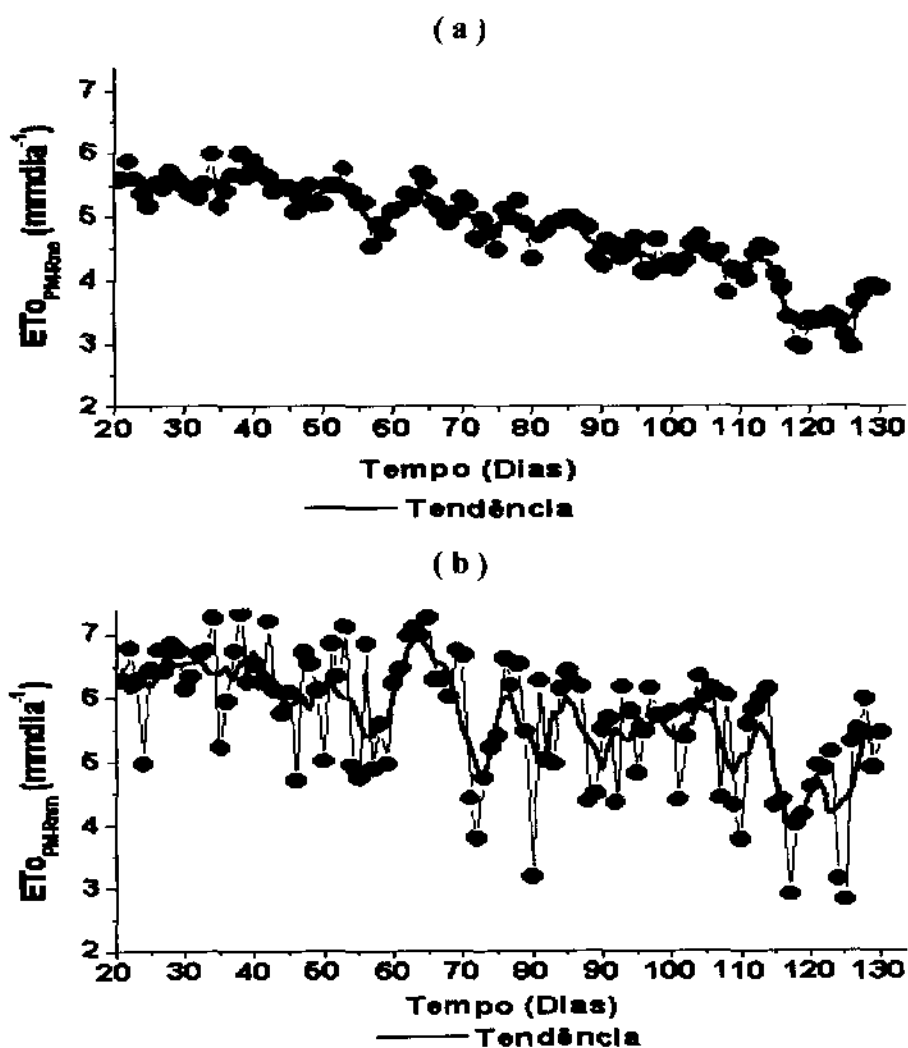
Os valores de evapotranspiração de referência por Penman-Monteith com o saldo de radiação estimado ( $ET_{\text{OPM-Rne}}$ ) permaneceram praticamente constante e igual  $5,7 \text{ mmdia}^{-1}$  até o dia 40 (09/02) e daí em diante seus valores sofreram uma queda constante quase sem variação. A evapotranspiração de referência por Penman-Monteith com o saldo de radiação estimado variou de  $2,93 \text{ mmdia}^{-1}$  dia 126 (06/05) a  $6,00 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 38 (07/02), com uma média e desvio



**Figura 38.** Evapotranspiração de referência diária pelo método Linacre ( $ETo_{Lin}$ ), Radiação ( $ETo_{Rad}$ ) e Tanque Classe A ( $ETo_{TCA}$ ) em Pilar - AL.

padrão de  $4,78 \text{ mmdia}^{-1}$  e  $4,78 \text{ mmdia}^{-1}$ , respectivamente. A distribuição dos valores de evapotranspiração de referência por Penman-Monteith com o saldo de radiação estimado e sua curva de tendência consta na Figura 39a.

A evapotranspiração de referência obtida pelo método Penman-Monteith com o saldo de radiação medido variou de  $2,79 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 125 (05/05) a  $7,32 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 38 (07/02), com uma média e desvio padrão de  $5,69 \text{ mmdia}^{-1}$  e  $1,01 \text{ mmdia}^{-1}$ . A distribuição dos valores de evapotranspiração de referência por Penman-Monteith com o saldo de radiação medido e sua curva de tendência consta na Figura 39b.



**Figura 39.** Evapotranspiração de referência diária pelo método de Penman-Monteith com saldo de radiação estimado (a) e medido (b) no ano 2001 em Pilar - AL.



A evapotranspiração de referência entre os métodos foi mínima de 2,48  $\text{mmdia}^{-1}$  para o método Tanque Classe A e a máxima foi de 7,32  $\text{mmdia}^{-1}$  para o método de Penman-Monteith com saldo de radiação medido. Os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência que apresentaram o menor e o maior desvio padrão foram de Linacre e o de Penman-Monteith com saldo de radiação medido, respectivamente. Os valores máximos, médios, mínimos e os desvios padrões das evapotranspirações de referência obtidos pelos métodos de Linacre, Radiação, Tanque classe A, Penman-Monteith com saldo de radiação estimado e Penman-Monteith com saldo de radiação medido durante o ano de 2001 no experimento de mamão em Pilar encontram-se na Tabela 12.

**Tabela 12.** Os máximos (Max), médios (Med), mínimos (Min) e desvios padrões (Dsvpd) das evapotranspirações de referência obtidos pelos métodos de Linacre, Radiação, Tanque classe A, Penman-Monteith com saldo de radiação estimado e Penman-Monteith com saldo de radiação durante o ano de 2001 na localidade do Pilar - AL.

<b>Método</b>	<b>Max</b>	<b>Med</b>	<b>Min</b>	<b>Dsvpd</b>
<b>Linacre</b>	<b>3,09</b>	<b>4,75</b>	<b>5,80</b>	<b>0,57</b>
<b>Radiação</b>	<b>2,72</b>	<b>5,35</b>	<b>7,25</b>	<b>1,00</b>
<b>Tanque Classe A</b>	<b>2,48</b>	<b>4,20</b>	<b>5,47</b>	<b>0,70</b>
<b>Penman-Monteith com Rn estimado</b>	<b>2,93</b>	<b>4,78</b>	<b>6,00</b>	<b>0,74</b>
<b>Penman-Monteith com Rn medido</b>	<b>2,79</b>	<b>5,69</b>	<b>7,32</b>	<b>1,01</b>

#### 4.3.4 Balanço de energia diário

O Balanço de energia diário pelo método da Razão de Bowen nos cento e dez dias do experimento em Pilar - AL consta na Figura 40. O saldo de radiação diário logo no começo do experimento ou entre o dia 21 e o 63, permaneceu mais estável do que durante o restante do período devido ao aumento da nebulosidade. O saldo de radiação variou de 8,62  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no dia 125 a 19,52  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no dia 63, com uma média de 15,61  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ . A variação do fluxo de calor no solo para período diário pode ser considerado zero (Allen et al, 1998). Durante a condução do experimento o fluxo de calor sensível permaneceu negativo, indicando uma transferência de energia da folhagem da cultura e do solo (mais quente) para o ar (mais frio).

O fluxo de calor sensível permaneceu baixo durante quase todo o tempo, com os maiores valores no início do experimento ou até o dia 63 isso porque como a superfície do solo estava constantemente úmida a maior parte da energia destinou-se para o processo de evapotranspiração. A variação do fluxo de calor sensível foi de 0,35  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no dia 71 a 2,54  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no dia 42, com uma média de 1,58  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ . A cultura permaneceu sendo suprida de água de forma que o solo se mantivesse úmido. Já que a superfície permaneceu úmida durante todo o tempo, a maior parte do saldo de radiação foi utilizada no fluxo de calor latente (Pereira, 1997). Em módulo, o fluxo de calor latente de evaporação ( $\lambda E$ ) em 2001 no município de Pilar- AL variou de 7,47  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no dia 125 a 18,10  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$  no dia 63, com uma média de 14,03  $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ .

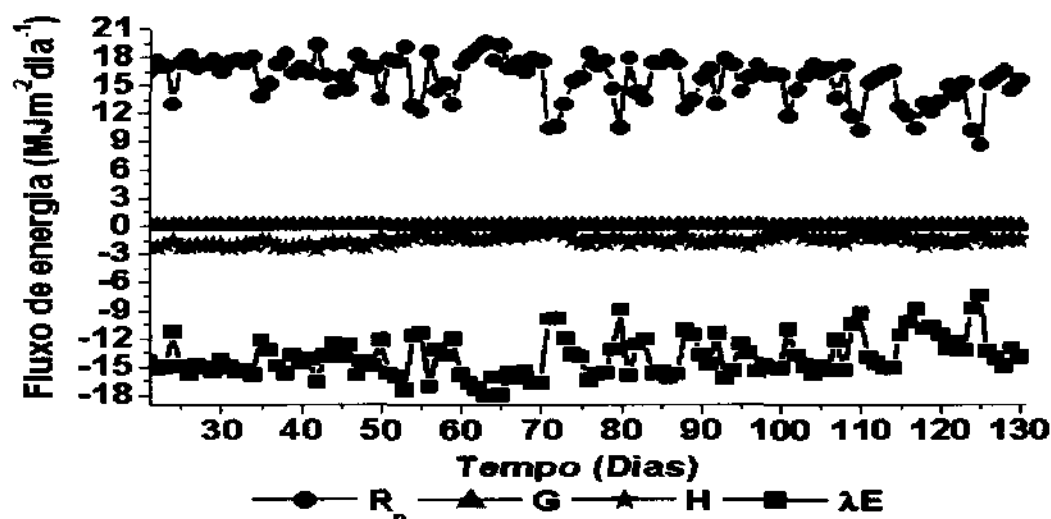


Figura 40. Balanço de energia na cultura do mamão em 2001, Pilar -AL.

#### 4.3.5 Razão Bowen diária

Os valores diários da razão de Bowen obtidos durante o período da cultura do mamão permaneceram baixos e positivos, o que descarta a possibilidade de advecção ou inversão térmica (Pereira, 1997). O máximo e o mínimo da razão de Bowen foi de 0,19 no dia 118 e 0,04 no dia 71 respectivamente, com média de 0,11. Esses valores estão de acordo com a permanente condição de umidade do dossel da cultura (Jarvis et al., 1975), como pode ser visto na Figura 41.

Uma vez que a superfície solo permaneceu úmida durante todo o tempo e a maior parte do saldo de radiação sendo utilizada no fluxo de calor latente, isso resultou em valores da razão de Bowen muito pequenos, como pode ser vistos nas Figuras 42 e 43. Durante a condução do experimento o fluxo de calor sensível permaneceu negativo, indicando uma transferência de energia da folhagem da cultura (mais quente) para o ar (mais frio) (Pereira, 1997; ).

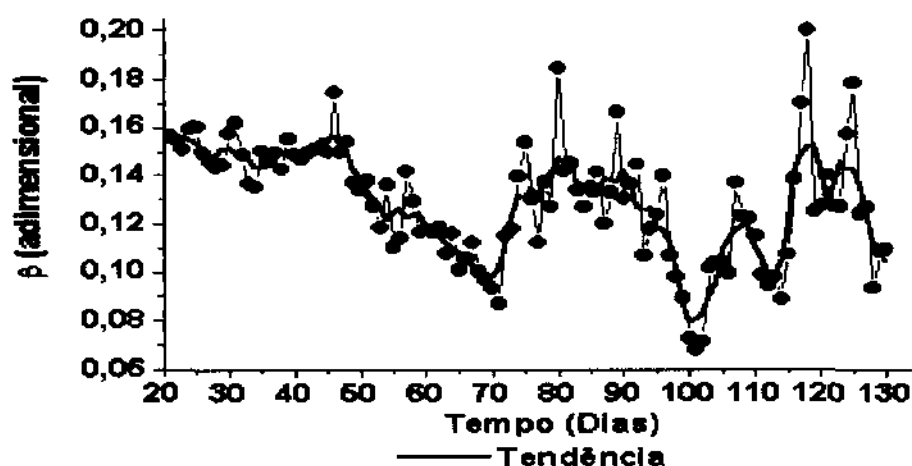
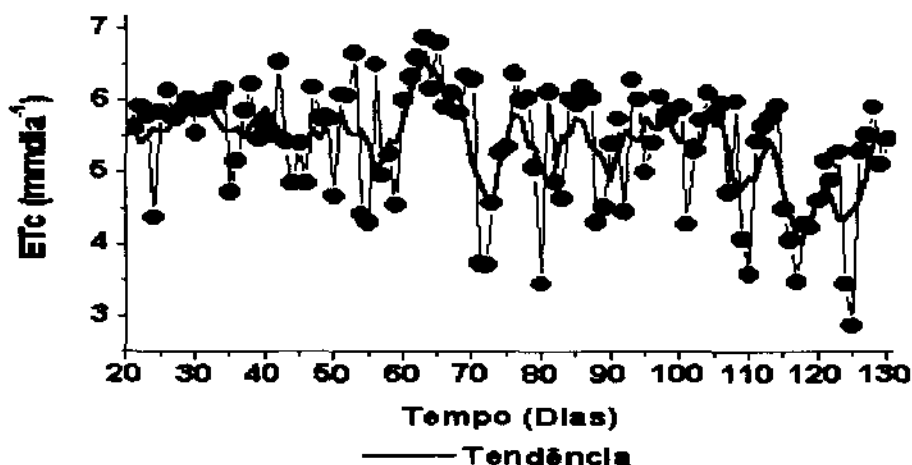


Figura 41. Razão de Bowen diária na cultura do mamão em 2001, Pilar -AL.

#### 4.3.6 Evapotranspiração da cultura diária pela razão de Bowen

A evapotranspiração da cultura do mamão estimada pelo método do balanço de energia utilizando a razão de Bowen variou de 2,9  $\text{mmdia}^{-1}$  no dia 125 a 7,1  $\text{mmdia}^{-1}$  no dia 63, com uma média de 5,5  $\text{mmdia}^{-1}$ . A distribuição dos valores de evapotranspiração da

cultura do mamão (ETc) obtida pela razão de Bowen em 2001 na localidade do Pilar –AL constam na Figura 42.



**Figura 42.** Evapotranspiração cultura do mamão (ETc) diária obtida pela razão de Bowen em 2001, na localidade do Pilar –AL.

#### 4.3.7 Coeficiente da cultura obtido pelo balanço de energia

Os coeficientes diários da cultura do mamão obtidos pelo balanço de energia utilizando a razão Bowen e a evapotranspiração de referência de Linacre ( $K_{cRB-Lin}$ ) variaram de 0,75 no dia 71 (12/03) a 1,34 no dia 94 (04/04), com média e desvio padrão de 1,14 e 0,12, respectivamente. Já os coeficientes da cultura em função evapotranspiração de referência pelo método da Radiação variaram de 0,86 no dia 39 (08/02) a 1,15 no dia 57 (26/02), com uma média e desvio padrão de 1,02 e 0,07, respectivamente. Utilizando a evapotranspiração de referência pelo método do Tanque Classe A, os coeficientes da cultura variaram de 0,75 no dia 80 (21/03) a 2,00 no dia 128 (08/05), com média e desvio padrão de 1,32 e 0,28, respectivamente. A evapotranspiração de referência pelo método Penman-Monteith com o saldo de radiação estimado proporcionou coeficientes da cultura variaram de 0,71 no dia 71 (12/03) a 1,80 no dia 126 (06/05), com média e desvio padrão de 1,15 e 0,19, respectivamente. Os coeficientes da cultura obtidos com evapotranspiração de referência pelo método Penman-Monteith e o saldo de radiação medido mantiveram-se em torno de 0,96 e com o desvio padrão de 0,06, o menor dentre os cinco considerados. Estes variaram de 0,84 no dia 44 (13/02) a 1,20 no dia 117 (27/04). Os valores máximos, médios, mínimos e desvios

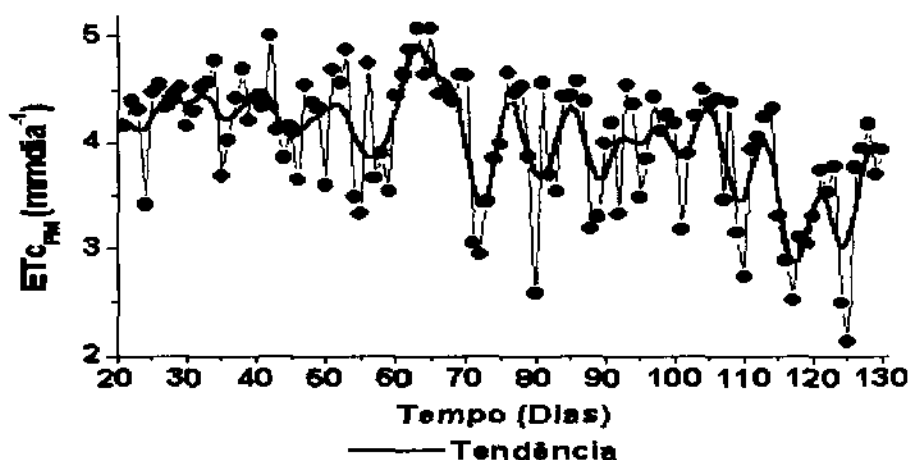
padrões dos coeficientes da cultura diários obtidos pelo método da Razão de Bowen com a evapotranspiração de referência por Linacre, Radiação, Tanque classe A, Penman-Monteith com saldo de radiação estimado e Penman-Monteith com saldo de radiação medido em 2001 na região do Pilar – AL constam na Tabela 13.

**Tabela 13.** Valores máximos (Max), médios (Med), mínimos (Min) e desvios padrões (Dsvpd) dos coeficientes da cultura diários obtidos com a evapotranspiração da cultura pelo método da Razão de Bowen com a evapotranspiração de referência pelo método de Linacre, Radiação, Tanque classe A, Penman-Monteith com saldo de radiação estimado e Penman-Monteith com saldo de radiação medido em 2001 na região do Pilar – AL.

<b>Métodos</b>	<b>Min</b>	<b>Med</b>	<b>Max</b>	<b>Dsvpd</b>
<b>Linacre</b>	<b>0,75</b>	<b>1,14</b>	<b>1,34</b>	<b>0,12</b>
<b>Radiação</b>	<b>0,86</b>	<b>1,02</b>	<b>1,15</b>	<b>0,07</b>
<b>Tanque Classe A</b>	<b>0,75</b>	<b>1,32</b>	<b>2,00</b>	<b>0,28</b>
<b>Penman-Monteith com Rn estimado</b>	<b>0,71</b>	<b>1,15</b>	<b>1,80</b>	<b>0,19</b>
<b>Penman-Monteith com Rn medido</b>	<b>0,84</b>	<b>0,96</b>	<b>1,20</b>	<b>0,06</b>

#### **4.3.8 Evapotranspiração da cultura diária por Penman-Monteith**

A evapotranspiração da cultura do mamão estimada pelo método de Penman-Monteith variou de  $2,84 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 24 a  $8,61 \text{ mmdia}^{-1}$  no dia 108, com uma média diária durante o período do experimento de  $5,30 \text{ mmdia}^{-1}$ . A evapotranspiração da cultura do mamão por esse método demonstrou uma tendência ascendente de valores e variabilidade. A distribuição dos valores de evapotranspiração da cultura do mamão (ETc) obtida pela razão de Bowen em 2001 na localidade do Pilar –AL constam na Figura 50.



**Figura 43.** Evapotranspiração da cultura do mamão ( $ET_c$ ) diária obtida pelo método Penman-Monteith e sua curva de tendência em 2001 na região de Pilar- AL.

#### 4.3.9 Coeficiente da cultura por Penman-Monteith

Os coeficientes diários da cultura do mamão obtidos pela evapotranspiração da cultura de Penman-Monteith e a evapotranspiração de referência de Linacre ( $K_{CPM-Lin}$ ) variaram de 0,72 no dia 71 (12/03) a 1,10 no dia 86 (27/03), com média e desvio padrão de 0,97 e 0,08, respectivamente. A evapotranspiração de referência pelo método da Radiação produziu coeficientes diários da cultura do mamão ( $K_{CPM-Rad}$ ) variando de 0,78 no dia 39 (08/02) a 0,98 no dia 71, com uma média e desvio padrão de 0,87 e 0,04, respectivamente. Os coeficientes diários da cultura do mamão oriundos da evapotranspiração de referência pelo método do Tanque Classe A ( $K_{CPM-TCA}$ ) variaram de 0,60 no dia 80 (21/03) a 1,67 no dia 113 (23/04), com média e desvio padrão de 1,12 e 0,23, respectivamente. A evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith com saldo de radiação estimado originou coeficientes diários da cultura do mamão ( $K_{CPM-PMR_{ne}}$ ) variando de 0,64 no dia 80 (21/03) a 1,47 no dia 126 (06/05), com média e desvio padrão de 0,97 e 0,14, respectivamente. Já os coeficientes diários da cultura do mamão obtidos com a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith com saldo de radiação medido ( $K_{CPM-PMR_{nm}}$ ) variou de 0,64 no dia 80 (21/03) a 1,47 no dia 126, com média e desvio padrão de 0,97 e 0,14, respectivamente. Os valores máximos, médios, mínimos e desvios padrões dos coeficientes diários da cultura do mamão obtidos pela evapotranspiração da cultura de Penman-Monteith e a evapotranspiração de referência por Linacre, Radiação, Tanque classe A, Penman-Monteith

com saldo de radiação estimado e Penman-Monteith com saldo de radiação medido em 2001 na região do Pilar – AL constam na Tabela 14.

**Tabela 14.** Valores máximos (Max), médios (Med), mínimos (Min) e desvios padrões (Dsvpd) dos coeficientes diários da cultura do mamão obtidos com a evapotranspiração da cultura pelo método de Penman-Monteith com a evapotranspiração de referência pelo método de Linacre, Radiação, Tanque classe A, Penman-Monteith com saldo de radiação estimado e Penman-Monteith com saldo de radiação medido em 2001 na região do Pilar – AL.

<b>Método</b>	<b>Min</b>	<b>Med</b>	<b>Max</b>	<b>Dsvpd</b>
<b>Linacre</b>	<b>0,72</b>	<b>0,97</b>	<b>1,10</b>	<b>0,08</b>
<b>Radiação</b>	<b>0,78</b>	<b>0,87</b>	<b>0,98</b>	<b>0,04</b>
<b>Tanque Classe A</b>	<b>0,60</b>	<b>1,12</b>	<b>1,67</b>	<b>0,23</b>
<b>Penman-Monteith com Rn estimado</b>	<b>0,64</b>	<b>0,97</b>	<b>1,47</b>	<b>0,14</b>
<b>Penman-Monteith com Rn medido</b>	<b>0,77</b>	<b>0,81</b>	<b>0,92</b>	<b>0,02</b>

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados desse trabalho permitiram concluir que:

1. A duração do brilho solar esperada a 75% de probabilidade nas localidades de Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo e Porto de Pedras variou no mínimo de 1,9 a 8,8 horas, 3,3 a 9,5 horas, 1,7 a 9,6 horas, 2,9 a 8,0 horas, e 2,8 a 10,3, respectivamente;
2. A temperatura mínimo do ar esperada a 75% de probabilidade nas localidades de Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo e Porto de variou no mínimo de 17,0 °C a 22,3 °C, 17,9 °C a 23,8 °C, 16,8 °C a 20,8 °C, 18,5 °C a 21,7 °C, 18,5 °C a 21,7 °C, respectivamente;
3. A temperatura máxima do ar esperada a 75% de probabilidade nas localidades de Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo e Porto de Pedras variou no máximo de 24,6 °C a 33,6 °C, 29,4 °C a 38,7 °C, 26,8 °C a 36,0 °C, 27,6 °C a 33,2 °C, 27,6 °C a 31,9 °C, respectivamente;
4. A umidade relativa do ar esperada a 75% de probabilidade nas localidades de Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo e Porto de Pedras variou no mínimo de 57% a 88%, 46% a 84%, 57% a 81%, 67% a 87% e 71 a 78%, respectivamente;
5. A velocidade do vento esperada a 75% de probabilidade nas localidades de Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo e Porto de Pedras varia de 3,4 ms<sup>-1</sup> a 4,5 ms<sup>-1</sup>, 2,7 ms<sup>-1</sup> a 5,2 ms<sup>-1</sup>, 1,3 ms<sup>-1</sup> a 2,2 ms<sup>-1</sup> e 4,5 ms<sup>-1</sup> a 8,0 ms<sup>-1</sup>, respectivamente;
6. A precipitação pluvial anual esperada a 75% de probabilidade nas localidades de Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo e Porto de Pedras foi mínima de 421,2 mm, 94,6 mm, 422,8 mm, 658 mm e 664,2 mm, respectivamente;



7. O elemento meteorológico que pode restringir o ótimo desenvolvimento da cultura do mamão em Água Branca é a precipitação pluvial e a duração do brilho solar; em Pão de Açúcar é precipitação pluvial e a umidade relativa do ar; em Palmeira dos Índios é a precipitação pluvial, umidade relativa do ar e a duração do brilho solar; em Rio Largo é a precipitação pluvial e a duração do brilho solar e em Porto de Pedras é a precipitação pluvial;
8. A evapotranspiração de referência média diária anual em Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Rio Largo e Porto de Pedras é de  $4,21 \text{ mmdia}^{-1}$ ,  $4,64 \text{ mmdia}^{-1}$ ,  $4,52 \text{ mmdia}^{-1}$ ,  $4,05 \text{ mmdia}^{-1}$  e  $4,00 \text{ mmdia}^{-1}$ , respectivamente;
9. Porto de Pedras destaca-se por apresentar em média os maiores valores de radiação no topo da atmosfera, radiação de ondas longas, radiação de ondas curtas e radiação global. Rio Largo apresentou os menores valores de radiação de ondas longas, radiação de ondas curtas e radiação global. Água Branca apresentou os menores valores de radiação no topo da atmosfera;
10. O máximo de fluxo de calor latente de evaporação, fluxo calor sensível e fluxo de calor no solo para período diários varia de  $1,35$  a  $2,91 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ,  $0,27$  a  $1,65 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ,  $0,14$  a  $0,32 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ , respectivamente;
11. A evapotranspiração da cultura do mamão média horária na localidade do Pilar varia de  $0,25$  a  $0,80 \text{ mmh}^{-1}$ ;
12. A utilização diária do saldo de radiação pelo fluxo de calor latente de evaporação, fluxo de calor sensível e fluxo de calor no solo foi de  $84$  e  $97\%$ ,  $3$  a  $16\%$  e nula, respectivamente;
13. A evapotranspiração diária da cultura do mamão na localidade do Pilar pela razão de Bowen varia de  $2,92$  a  $7,07 \text{ mmdia}^{-1}$  e por Penman-Monteith varia  $2,84$  a  $8,61 \text{ mmdia}^{-1}$ ;
14. Os coeficientes diários da cultura do mamão obtidos pela Razão de Bowen e os métodos de Linacre, Radiação, Tanque Classe A, Penman-Monteith com saldo de radiação estimado e medido foram  $1,14$ ,  $1,02$ ,  $1,32$ ,  $1,15$  e  $0,96$ , respectivamente;

15. Os coeficientes diários da cultura do mamão obtidos por Penman-Monteith e os métodos de Linacre, Radiação, Tanque Classe A, Penman-Monteith com saldo de radiação estimado e medido foram 0,97, 0,87, 1,12, 0,97 e 0,81, respectivamente;

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrometeorologie Operationelle – Recueil de notices phénologiques, edition provisoire, OMM, Genève, décembre 1991;
- ALCANTARA, P. B.; BUFARARAH, G **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. São Paulo: Nobel, p.162, 1988;
- ALLEN, R. G.; JENSEN, M. E.; WRIGHT, J. L. et al. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 650-662, 1989;
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. & SMITH, M.. **Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements**. (Irrigation and drainage paper 56). FAO - Rome, 1998. p. 49. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO;
- BADILLO, V. M. Caricaceae: segundo esquema. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 1993;
- BANCO DO NORDESTE, **Agenda do produtor rural do nordeste**, p. 178, 1999;
- BARBIERI, v., **Medidas e estimativas de consumo hídrico em cana-de-açúcar (Saccharum sp.)** ESALQ/USP. p. 82. (Tese de Mestrado), 1981;
- BERLATO, M. A. & MOLION, L. C. B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre, IPAGRO, (Boletim técnico n. 7), p. 95, 1981;

- BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada a irrigação**. Porto Alegre. Editora da Universidade/UFRGS, P.125, 1992;
- BURBA, G. G.; VERMA, S. B.; KIM, J. Surface energy fluxes of *Phragmites australis* in a prairie wetland. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 94, p. 31-51, 1999;
- CAMARGO, A. P; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**. v.59, p. 125-137, 2000;
- CAMPBELL, R.J. **South American fruits deserving further attention**. In: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Arlington, VA. p. 431-439, 1996. Disponível na INTERNET via <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-431.html#caricaceae> Arquivo consultado em 2002;
- CORREA DE MELLO, J. & SPRUCE, R. Notes on *Papayaceae*. *J. Proc. Linnean Soc., Botany*, 10:1-15, 1869;
- CUNHA, G. R. da. Balanço de energia em alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.2, p. 9-16, 1994;
- CUNHA, G. R.; DE PAULA, J. R. F.; BERGAMASCHI, H.; DE SAIBRO, J. C.; BERLATO, M. A. Balanço de radiação em alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.1, p. 1-9, 1993;
- DAVY, F. G.; MATTEI, F. AND SOLOMAN, S. I., An evaluation of climatic and water resources for development of agriculture in Sudano-Sahelian of West Africa. *Special Environmental Rep. No. 9, WMO, Geneva*, p.289, 1976;
- DOORENBOS, J. & KASSAM, A. H., *Efeito da água no rendimento das culturas*. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33), Tradução Gheyi, H. R. e outros, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. p. 306, 1994;
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W. O., *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO – Irrigation and Drainage Paper 24, 2nd ed., Rome, p. 179, 1977;

- DUKE, J. A. **Handbook of Energy Crops**. Disponível na INTERNET via [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/carica\\_papaya.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/carica_papaya.html) Arquivo consultado em 2002;
- EMPRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), **A cultura do mamão** – Centro de Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical – Brasília-DF: EMPRAPA-SPI, p. 78, 1994
- FAO (Food Agriculture Organization) de 2000;
- FONTANA, D. C. Balanço de energia em soja irrigada e não irrigada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 403-410, 1991;
- HEILMAN, J. L.; BRITTIN, C. L. Fetch requirements for Bower ratio measurements of latent and sensible heat fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 44, n. 1, p. 261-273, 1989;
- HIGGINS, J. E. & HOLT, V. S. The papaya in Hawaii Agric. Exp. St., Bull n.º 32, p.44, 1914;
- HOEHNE, F. C. Botânica e Agricultura no Brasil (Século XVI). Companhia Editora Nacional. Série Brasileira, vol. 71, p. 410, 1937;
- HOSSEIN ASHKTORAB, W. O.; PRUIT, K. T.; PAW U. et al. Energy balance determinations close to the soil surface using a micro-bower ratio system. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 46, n. 1, p. 259-274, 1989;
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, anuário estatístico de 1998;
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, anuário estatístico de 1999;
- IDSO, S. B., JACKSON, R. D.; EHRLER, W. L., MITCHELL, R. A method for determination of infrared emittance of leaves. **Ecology**. V. 50, n. 5, p. 889 – 902, 1969;
- JARVIS, P. G., JAMES, G. B.; LANDSBERG, J. J. Coniferous forest. In: Monteith, J. L. (Ed) **Vegetation and the atmosphere**, London: Academic, V. 2, Cap. 7, p. 171-240, 1975;

- JENSEN, M. E., BURMAN, R. D., ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and Irrigation Water requirements**. New York, American Society of Civil Engineers, 1989;
- JIMÉNEZ, H. Injertos entre espécies de *Carica*. *Agr. Trop.*, Venezuela, 7(1):33-37, 1975;
- MATHER, J. R. *Climatology: fundamentals and applications*: New York, McGraw-Hill, p.412 1974;
- MEDINA, J. C.; GARCIA, J. L. M.; SALOMÓN, E. A. G.; VIEIRA, L. F.; RENESTO, O. V.; FIGUEIREDO, N. M. S.; CANTO, W. I. **Frutas Tropicais – Mamão – da Cultura ao processamento e comercialização**. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria da pesquisa Agropecuária. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). 1980;
- MELCHIOR, H. Fam. *Caricaceae*. In: ENGLER, A, *Syllabus der Pflanzenfamilien II*. Berlin – Nikolassee, Gebrüder Borntraeger, p. 335-5, 1964;
- MOLION, L. C. B. Amazonian: Deforestation and global climate impacts. **Chemical Climatology and Geomedical Problems**. Edited by Jul Larg. *The Norwegian Academy of Science and Letters. International Symposium Oslo*, p. 217-226, 1992;
- MONTEITH, J. L. *Vegetation and the atmosphere*. New York: Academic Press, v. 1, p. 277, 1975;
- MOREIRA, R. S., *Banana, teoria e prática de cultivo*. Campinas: Fundação Cargill, p. 335, 1987;
- MOURA, M. A. L. **Estimativa da evapotranspiração: Coparação entre os métodos de Penman, Hofmann e Taxa de Bowen/Balanço de Energia**. 1992. 102f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciência Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 1992;
- NAKASONE, Y. H. Breeding and disease problems in some tropical and subtropical fruits with emphasis on papaya. **HortScience**, Alexandria, v. 10, p. 198, 1975;
- O. M. M. (Organisation Météorologique Mondiale) **Recueil de notices phénologiques - AGROMETEOROLOGIE OPERATIONNELLE**, Edition provisoire, Genève, p. 37 - 40. 1991

- OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London and New York: Methuen & Co. Ltda, p. 371, 1978;
- OLIVEIRA, A. M. G.; OLIVEIRA, M. de A.; DANTAS, J. L.; SANCHES, N. F.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M.; SANTOS FILHO, H. P.; CARVALHO, J. E. B. **A cultura do mamoeiro**. Cruz das Almas, BA: CNPMF – EMBRAPA, (EMBRAPA – CNPMF. Circular Técnica, 21), p.80, 1995;
- OMMETTO, J. C. **Biometeorologia vegetal**. São Paulo, Ceres, p. 440, 1981;
- OLIVEIRA, G. M., LEITÃO, M. M. V. B. R., CANDIDO, L. A., AZEVEDO, P. V., AMORIM NETO, M. S., BEZERRA, J. R. C. Uma análise dos componetes do balanço de energia sobre um cultivo de amendoim irrigado. In: **X CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, Piracicaba – SP, p. 535-537, 1997;
- PRATES, J. E; SEDIYAMA, G. C.; VIEIRA, H. A. **Clima e produção agrícola**. *Inf. Agropecuário*, Belo Horizonte, 12:18-22, 1986;
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, p. 9-139, 1997;
- PERES, J. G.; SCÁRDUA, R. & VILLA NOVA, N. A., Coeficiente de cultura (Kc) para cana-de-açúcar: ciclo de cana soca. **Álcool e Açúcar**, 62:34-42, 1992;
- PRUEGER, J. H.; HATFIELD, J. L.; AASE, J. K. et al. Bowen-Ratio comparasion with lysimeter evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 730-736, 1997;
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; CURTIS, H. **Biologia vegetal**. 2ª ed. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Dois, p. 98, 1985;
- RICCELLI, M. Resistencia al virus del mosaico y adaptabilidad de tres especies de *Caricaceae*. **Agr. Trop.**, Venezuela, 13(2):89-94, 1963;
- ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L., VERMA, S. B. **Microclimate: The biological environment**. 2. ed. New York, p. 8, 315, 495, 1983;
- SANTIAGO, A. V. **Estimativa da Evapotranspiração Horária: Comparação entre Métodos de Penman, Hofmann e Taxa de Bower/Balanço de Energia**. Botucatu,

- 1992, p. 102, Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Botucatu, 1992;
- SANTOS, A. O.; BERGAMASCHI, H.; CUNHA, G. R. da. Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração máxima da alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.2, n.1, p. 37-42, 1994;
- SANTOS, R. Z., BOUHID ANDRÉ, R. G. Relações energéticas e aerodinâmicas em uma cultura de feijão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 1, n.3, p.11-18, 1993;
- SAUER, T. J., HATFIELD, J. L., PRUEGER, J. H., NORMAN, J. M. Surface energy balance of corn residue-covered field. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 89, n. 3, p. 155-168, 1998;
- SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: Histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 1- 12, 1996;
- SEEMAN, J., CHIRKOV, Y. I., LOMAS, J., PRIMAULT, B. **Agrometeorology**. New York: Springer-Verlag, p. 324, 1979;
- SELLERS, W. D. **Physical Climatology**. Chicago & London: The University of Chicago press, p. 272, 1965;
- SMITH, M. *Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements*. Rome FAO. p. 45, 1991.
- SNYDER, R. L., *Equation for evaporation and to evapotranspiration conversions*. J. of Irrig. And Drain. Eng., 118:977-980, 1992;
- SOLMS-LAUBACH, H Die Heimath und der Ursprung des cultivierten Melonenbaumes. *Carica papaya* L. Bot. Zeit. 47:709-720, 725-734, 741-749, 757-767, 772-781, 1889.
- SOTO, B. M., Banana, cultivo y comercializacion. San José: Litografia e imprenta, LIL, p. 648, 1985;
- SOUZA, J. I. Saldo radiômetro com termopilha de filme fino e aplicação no balanço de radiação e energia em cultivo de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) com e sem



- cobertura de polietileno.** Botucatu, 1996, p. 30. Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Botucatu, 1996;
- STERN, R. D., DENNETT M. D. and DALE I. C., Methods for analyzing daily rainfall mensurement to give to useful agronomic results. I. Directs methods. *Exp. Agric.*, 18:223-236, 1982;
- STERN, R. D.; DENNETT, M. D. AND DALE I. C.; Analysing daily rainfall measurements to give agronomically useful results. I. Direct methods. **Methodology of experimental agriculture.** Great Britain, v. 18, p. 223 - 236, 1982;
- STOREY, W. B. The botany and Sex relations of the papaya. In: STOREY, W. B.; JONES, W. V. ed. **Papaya production in the Hawaiian Islands, Part I.** Hawaii: Hawaii Agricultural Experiment Station, (Technical Bulletin, 87), p.5-22, 1941;
- STULL, R. B. **An introduction to boundary layer meteorology.** Dordrecht/Boston/London: Kluwer academic publishers, p. 667, 1988;
- TEIXEIRA, A. H. C. T.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B. da. et al. Balanço de energia na cultura da videira, CV. "Itália". **Revista Brasileira de Agrometeorologia.** Santa Maria, v. 5. n. 2, p. 137-141, 1997;
- TOLK, J. A., HOWELL, T. A., STEINER, J. L., KRIEG, D. R. Aerodynamic characteristics of corn as determined by energy balance techniques. **Agronomy Journal**, v. 87, p. 465-73, 1995;
- TUBELIS, A. **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras.** Ed. Nobel, São Paulo – SP, p. 1980;
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.449, 1991;
- VILLA NOVA, N. A. **Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz.** Piracicaba, 1973. 72f. Tese. (Livre Docente) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 1973;
- VIRMANI, S. M., The agricultural of the Hyderabad region in relation to crop planning (a sample analysis). *Int. Crops Res. Inst. Semi-Arid Tropics, Patancheru, India*, 1975;

WARMKE, H. E.; CABANILLAS, E. & CRUZADO, H. J. A. New interspecific hybrid in  
genus *Carica*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 64:284-8, 1954;



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

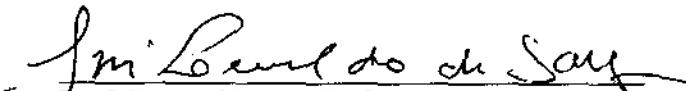
### CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

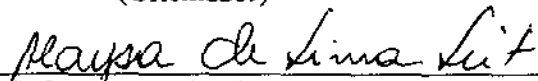
"ANÁLISE AGROMETEOROLÓGICA EM REGIÕES DE ALAGOAS PARA A  
CULTURA DO MAMÃO (*Carica papaya L.*)"


ERIKSON AMORIM DOS SANTOS

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. N.º de ordem: MET-UFAL-MS-013

Aprovada pela banca examinadora composta por:

  
Prof. Dr. José Leonaldo de Souza  
(Orientador)

  
Prof.ª Dr.ª Maysa de Lima Leite

  
Prof. Dr Manoel da Rocha Toledo Filho

Maceió - AL  
Janeiro - 2003