

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE DOUTORADO TEMÁTICO  
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS

INFLUÊNCIA DO TIPO DE ARQUITETURA DO DOSSEL NA ABSORÇÃO DE  
RADIAÇÃO SOLAR, NA PRODUTIVIDADE E NA QUALIDADE DO FRUTO DA  
MANGUEIRA

JOSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA - BRASIL  
MAIO DE 2003

OSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO

INFLUÊNCIA DO TIPO DE ARQUITETURA DO DOSSEL NA ABSORÇÃO DE  
RADIÇÃO SOLAR, NA PRODUTIVIDADE E NA QUALIDADE DO FRUTO DA  
MANGUEIRA

**Tese apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Recursos Naturais da  
Universidade Federal de Campina Grande,  
em cumprimento às exigências para  
obtenção do grau de Doutor em Recursos  
Naturais**

Área de Concentração: Sistema Água-Solo-Planta-Atmosfera

ORIENTADORES

DR. MÁRIO DE MIRANDA VILAS BOAS RAMOS LEITÃO

DR. JOSIVAN BARBOSA MENEZES

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA - BRASIL

MAIO DE 2003



E775i Espínola Sobrinho, José.  
Influência do tipo de arquitetura do dossel na absorção de radiação solar, na produtividade e na qualidade do fruto da mangueira / José Espínola Sobrinho. - Campina Grande, 2003.  
258 f.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2003.  
"Orientação : Prof. Dr. Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão, Prof. Dr. Josivan Barbosa Menezes".  
Referências.

1. Radiação Solar - Absorção. 2. Arquitetura do Dossel. 3. Mangueira - Fruto. 4. Tese - Recursos Naturais. I. Leitão, Mário de Miranda Vilas Boas Ramos. II. Menezes, Josivan Barbosa. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV. Título

CDU 551.521.1(043)

JOSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO

INFLUÊNCIA DO TIPO DE ARQUITETURA DO DOSSEL NA ABSORÇÃO DE RADIAÇÃO SOLAR, NA PRODUTIVIDADE E NA QUALIDADE DO FRUTO DA MANGUEIRA

APROVADA COM DISTINÇÃO EM: 09/05/2003

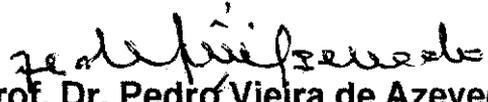
**BANCA EXAMINADORA:**

  
**Prof. Dr. Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão**

Departamento de Ciências Atmosféricas – DCA  
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

  
**Prof. Dr. Josivan Barbosa Menezes**

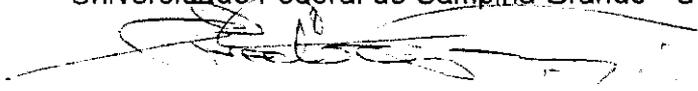
Departamento de Química e Tecnologia – DQT  
Escola Superior de Agricultura de Mossoró - ESAM

  
**Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo**

Departamento de Ciências Atmosféricas – DCA  
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

  
**Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva**

Departamento de Ciências Atmosféricas – DCA  
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

  
**Prof. Dr. Everardo Ferreira Praça**

Departamento de Química e Tecnologia – DQT  
Escola Superior de Agricultura de Mossoró - ESAM

  
**Prof. Dr. José Maria Nogueira da Costa**

Departamento de Engenharia Agrícola – DEAg  
Universidade Federal de Viçosa - UFV

Aos meus pais (*In Memoriam*)  
Francisco Araújo da Silva (Sancho)  
e Severina Espinola de Araújo

**DEDICO**

À minha esposa Magale e filhos  
Aninha, Zé Henrique e Rodolfo

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, por ter me dado na vida muito mais do que sempre mereci.

Ao Dr. Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão pela valiosa orientação, empenho, honestidade e amizade sincera durante a realização deste projeto.

Ao Dr. Josivan Barbosa Menezes pela co-orientação e idéia inicial desta pesquisa.

Ao Dr. Everardo Ferreira Praça pela ajuda, confiança e amizade.

Ao Dr. Glauber Henrique pela colaboração na análise estatística dos dados.

Aos professores amigos Dr. Pedro Vieira de Azevedo e Dr. Bernardo Barbosa da Silva, pelo incentivo e força, não só neste projeto, mas ao longo da minha vida como pesquisador.

Ao Dr. Jesus Marden dos Santos do INPE de São José dos Campos, pela colaboração científica.

Ao Professor e Irmão José Victor de Carvalho Júnior, pela força e correção do português deste trabalho.

Ao meu irmão, duas vezes, Francisco das Chagas da Silva Espínola, pelo incentivo ao longo de toda minha vida de estudante e profissional.

À Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM e ao Departamento de Engenharia Agrícola pelo apoio e confiança.

À Fazenda Mossoró Agroindustrial S/A – MAISA e seus funcionários Eng. Agr<sup>o</sup> João Manoel, seu Assis Mancini e Bruxa, pela grande contribuição na execução deste trabalho.

Aos amigos agrônomos Tonny Honório de Souza e Cláudio Melo pela grande contribuição em todas as fases desta pesquisa.

Aos agrônomos Franciscleudo Bezerra e Kligio Nunes pela contribuição nas análises laboratoriais.

À EMBRAPA (Agroindustrial Tropical) de Fortaleza-CE, e aos pesquisadores Dr. Ricardo Elesbão e Márcio Pereira pela valiosa contribuição científica.

Aos colegas Porto Filho, Cleber Brito e Frederico Tejo, que comigo formamos o grupo *os quatro patetas* da turma Brasil 500 anos, obrigado pela amizade.

Às colegas Magna Soelma e Gertrudes Macário, e demais colegas do curso pela amizade, apoio e incentivo.

Aos amigos Everaldo Bernardino, Carlos Magno (Maninho) e Joana D'arck pelos desenhos e contribuições durante todo este projeto.

A todos os professores do Departamento de Ciências Atmosféricas da UFCG pelo apoio e convívio fraterno.

## SUMÁRIO

## SUMÁRIO

## LISTA DE SÍMBOLOS

## LISTA DE FIGURAS

## LISTA DE TABELAS

## LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

## RESUMO

## ABSTRACT

	Pág
1. INTRODUÇÃO	32
2. REVISÃO DE LITERATURA	37
2.1. Mercado Interno e Externo	37
2.2. A Cultura da Mangueira	44
2.2.1. Aspectos Botânicos e Morfológicos	44
2.2.2. Aspectos Fisiológicos	47
2.2.2.1. Crescimento	47
2.2.2.2. Resistência estomática, Transpiração e Fotossíntese	49
2.2.2.3. Nutrição	50
2.2.2.4. Desenvolvimento do Fruto	52
2.2.3. Anatomia	54
2.2.3.1. Sistema Radicular	54
2.2.3.2. Floração e Frutificação	56
2.2.3.3. Idade dos Ramos	57
2.2.4. Efeitos do Meio Ambiente	58
2.2.5. Efeitos Hormonais	58
2.2.6. Número de Frutos por Planta	60
2.2.7. Fenologia e Salinidade	60
2.2.7.1. Fenologia	60
2.2.7.2. Tolerância à Salinidade	61

2.2.8.	Sistemas de Poda	63
2.2.9.	Rendimento	66
2.2.10.	Qualidade da Produção	67
2.2.10.1.	Fatores que Influenciam a Qualidade dos Frutos	68
2.3.	Radiação Solar	76
2.3.1.	Radiação de Onda Curta	77
2.3.1.1.	Radiação Ultravioleta (UV)	78
2.3.1.2.	Radiação Visível (PAR)	80
2.3.1.3.	Radiação Infravermelha (IR)	82
2.3.2.	Radiação de Onda Longa da Atmosfera	83
2.3.3.	Balço de Radiação	83
2.3.4.	Albedo	86
2.3.4.1.	Reflexão pelo Dossel Vegetativo	88
2.3.4.2.	Absorção pelo Dossel Vegetativo	88
2.3.4.3.	Transmitância pelo Dossel Vegetativo	89
2.3.5.	Distribuição da Radiação no Dossel Vegetativo	91
3.	MATERIAL E MÉTODOS	96
3.1.	Localização e Caracterização Climática	96
3.2.	Experimento de Campo	96
3.2.1.	Análise da Água de Irrigação	97
3.2.2.	Análise Físico-química do Solo e dos Nutrientes das Plantas	97
3.3.	Instalações e Instrumental Utilizado	99
3.3.1.	Radiação Global, Infravermelha e Fotossinteticamente Ativa	99
3.3.2.	Medida da Temperatura	104
3.3.3.	Medida de Outros Elementos Meteorológicos	106
3.3.4.	Aquisição dos Dados	107
3.3.5.	Calibração dos Instrumentos	108
3.4.	Arquitetura das Árvores	108
3.5.	Metodologia	109
3.5.1.	Balço de Radiação no Topo dos Dosséis	109
3.5.2.	Radiação Infravermelha - IR	118

3.5.3.	Radiação Fotossinteticamente Ativa - PAR	118
3.5.4.	Radiação Ultravioleta - UV	118
3.5.5.	Transmissividade - t	118
3.5.6.	Absortividade - a	119
3.6.	Colheita	119
3.7.	Pós-colheita	119
3.7.1.	Análises Físico-Químicas e Químicas	119
3.7.2.	Coloração dos Frutos	120
3.8.	Análise Estatística	122
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	124
4.1.	Balanço de Radiação de Onda Curta	124
4.2.	Balanço de Radiação Infravermelha	133
4.3.	Balanço de Radiação Fotossinteticamente Ativa	138
4.4.	Balanço de Radiação Ultravioleta	145
4.5.	Albedo	149
4.6.	Relação Onda Curta/Infravermelha/PAR	150
4.7.	Absortividade, Refletividade e Transmissividade	153
4.8.	Balanço Total de Radiação	162
4.9.	Temperatura do Ar	169
4.10.	A água de Irrigação	175
4.11.	Análise Química de Macros e Micros Elementos do Solo	180
4.12.	Análise Química Foliar	181
4.13.	Produtividade	182
4.14.	Perdas	188
4.15.	Frutos exportáveis	190
4.16.	Qualidade Pós-colheita dos Frutos	192
4.16.1.	Sólidos Solúveis Totais (SST)	192
4.16.2.	Acidez Total Titulável (ATT)	195
4.16.3.	Potencial Hidrogeniônico (pH)	198
4.16.4.	Coloração dos Frutos	199
5.	CONCLUSÕES	211

6.	SUGESTÕES	213
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	215
	APÊNDICE	239

## LISTA DE SÍMBOLOS

- $\lambda$  - Comprimento de onda da radiação;
- $\sigma$  - Constante de Stefan-Boltzmann igual a  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ;
- $\phi$  - Latitude (graus);
- $\Omega$  - Resistência elétrica;
- 21X - Modelo de *micrologger*;
- 2V - Modelo de arquitetura de dossel;
- 4V - Modelo de arquitetura de dossel;
- a** - Absortividade;
- a e b** - Coeficientes da equação de Angstrom e Prescott;
- Alt. - Altitude;
- AOAC - Official Methods Analysis. Association Official Analytical Chemistry, 1992.
- ATT - Acidez Total Titulável;
- C** - (Chroma) Intensidade da cor dos frutos;
- C/N - Relação cálcio/nitrogênio;
- CEASA - Centro de Abastecimento;
- CPATSA - Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-árido;
- CR10 - Modelo de *micrologger*;
- DECEX - Departamento de Comércio Exterior;
- E** - Unidade de iluminância;
- E - Ponto cardeal leste;
- e** - Pressão parcial do vapor d'água em mb;
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations;
- FOB - Free on board;
- H** - (Hue) Ângulo H, expresso em graus;
- ha - hectare;
- IR - Radiação infravermelha;
- IR↓ - Radiação infravermelha incidente na superfície foliar dos dosséis;
- K\* - O balanço de radiação de onda curta no topo do dossel;

- $K_b \downarrow$  - Radiação solar global média, observada na superfície do solo;
- $K \uparrow$  - Radiação de onda curta refletida;
- $K \downarrow$  - Radiação de onda curta incidente;
- L - Luminosidade da cor dos frutos,
- $L \downarrow$  - Radiação de onda longa da atmosfera;
- $L \uparrow$  - Radiação de onda longa emitida por cada dossel;
- Lat. - Latitude;
- Long. - Longitude;
- MAISA - Fazenda Mossoró Agroindustrial S/A;
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;
- MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio;
- MSX 10 - Modelo de painel solar;
- N - Ponto cardeal norte;
- N P K - Nitrogênio, fósforo e potássio;
- NE - Ponto cardeal nordeste;
- NW - Ponto cardeal noroeste;
- PAR - Radiação fotossinteticamente ativa;
- $PAR \downarrow$  - Radiação fotossinteticamente ativa incidente na superfície dos dosséis;
- Ph - Potencial hidrogeniônico;
- PPFD - Densidade de fluxo de fóton;
- PSP - Precision Spectral Pyranometer;
- r - Albedo de onda curta;
- r - Refletividade;
- S - Ponto cardeal sul;
- SE - Ponto cardeal sudeste;
- SEAGRI - Secretaria da Agricultura Irrigada - Programa Cearense da Agricultura Irrigada;
- SECEX - Secretaria de Comércio Exterior;
- SRF - Solar radiation fraction;
- SST - Sólidos Solúveis Totais;
- SW - Ponto cardeal sudoeste;
- t - Transmissividade;

T - Transmissividade em cada dossel;

$T_a$  - Temperatura do ar em °C;

$T_s$  - Temperatura média do dossel em °C;

UV - Radiação ultravioleta;

UV↓ - Radiação ultravioleta incidente na superfície foliar dos dosséis;

UVA - Radiação ultravioleta tipo A;

UVB - Radiação ultravioleta tipo B;

V - Modelo de arquitetura de dossel;

W - Ponto cardinal oeste;

$\epsilon$  - Emissividade da superfície do dossel;

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 01	Esquema resumido da atuação dos principais hormônios e reguladores de crescimento na mangueira	57
Figura 02	Localização da área experimental MAISA S/A	98
Figura 03	Orientação do pomar T <sub>3</sub> e deslocamento aparente do Sol	98
Figura 04	Vista aérea do pomar de mangueiras T <sub>3</sub> da MAISA S/A	99
Figura 05	Torre metálica com sete metros acima da superfície do solo contendo os radiômetros e caixa com um <i>micrologger</i> 21X para coleta de dados	100
Figura 06	Piranômetros Eppley, modelo Precision Spectral Pyranometer (PSP), acoplados a filtros para medida das radiações ultravioleta, visível e infravermelha	101
Figura 07	Estrutura com Piranômetro Eppley (PSP) para medida da radiação refletida	102
Figura 08	Esquema de distribuição dos radiômetros sob a copa da mangueira	102
Figura 09	Distribuição dos radiômetros sob a copa da mangueira para medida da radiação global incidente	103
Figura 10	Detalhe do radiômetro usado sob a copa da mangueira para medida da radiação global incidente	103
Figura 11	Radiômetros para medida da radiação global, visível e infravermelha sob copa	104
Figura 12	Disposição dos radiômetros para medida da radiação global, visível e infravermelha sob copa	105
Figura 13	Sensor de temperatura do ar próximo aos frutos	105
Figura 14	Medida da temperatura do dossel com o termômetro infravermelho	106
Figura 15	Torre com instrumentos para medida dos elementos meteorológicos	107

Figura 16	Microloggers 21 X e CR10 para aquisição dos dados	108
Figura 17	Calibração dos radiômetros	109
Figura 18	Esquema de distribuição dos tratamentos ao Sul do pomar de mangueiras T <sub>3</sub> da MAISA S/A	110
Figura 19	Vistas frontal e superior da arquitetura de copa em pirâmide	111
Figura 20	Vistas frontal e superior da arquitetura de copa testemunha	112
Figura 21	Vistas frontal e superior da arquitetura de copa em V	113
Figura 22	Vistas frontal e superior da arquitetura de copa em cálice	114
Figura 23	Vistas frontal e superior da arquitetura de copa em 2 V	115
Figura 24	Vistas frontal e superior da arquitetura de copa em 4 V	116
Figura 25	Preparação dos frutos no laboratório para determinação das propriedades físico-químicas	121
Figura 26	Diagrama de variação da intensidade (C), luminosidade (L) e ângulo Hue (H) da cor dos frutos	122
Figura 27	Variação mensal da radiação solar diária (K↓) sobre um pomar de mangueiras <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	126
Figura 28	Comportamento médio ao longo do dia da radiação de onda curta incidente (K↓) sobre um pomar de mangueiras <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	126
Figura 29	Comportamento diário médio das densidades de fluxo das radiações de onda curta incidente e refletida pela superfície foliar dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	128
Figura 30	Comportamento diário médio das densidades de fluxo das radiações de onda curta incidente e refletida pela superfície foliar dos dosséis: a) Cálice; b) Poda 2V e c) Poda 4V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	129
Figura 31	Comportamento diário dos fluxos de radiação de onda curta incidente no topo e radiação de onda curta incidente na base dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	131

Figura 32	Comportamento diário dos fluxos de radiação de onda curta incidente no topo e radiação de onda curta incidente na base dos dosséis: a) Cálice; b) Poda 2V e c) Poda 4V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	132
Figura 33	Variação mensal da radiação solar infravermelha incidente ( $IR_{\downarrow}$ ) sobre um pomar de mangueiras <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	134
Figura 34	Variação diária média da radiação infravermelha incidente ( $IR_{\downarrow}$ ) sobre um pomar de mangueiras <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	135
Figura 35	Comportamento diário dos fluxos de radiação infravermelha incidente e refletida no topo dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	136
Figura 36	Comportamento diário dos fluxos de radiação infravermelha incidente e refletida no topo dos dosséis: a) Cálice e b) Poda 4V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	137
Figura 37	Comportamento diário dos fluxos de radiação infravermelha incidente no topo e radiação infravermelha incidente na base dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	139
Figura 38	Comportamento diário dos fluxos de radiação infravermelha incidente no topo e radiação infravermelha incidente na base dos dosséis: a) Cálice; b) Poda 2V e c) Poda 4V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	140
Figura 39	Variação mensal da radiação PAR incidente ( $PAR_{\downarrow}$ ) sobre um pomar de mangueiras <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	141
Figura 40	Variação diária média da radiação PAR incidente ( $IR_{\downarrow}$ ) sobre um pomar de mangueiras <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	142

Figura 41	Comportamento diário dos fluxos de PAR incidente e refletido na superfície foliar dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	143
Figura 42	Comportamento diário dos fluxos de PAR incidente e refletido na superfície foliar dos dosséis: a) Cálice e b) Poda 4V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	144
Figura 43	Comportamento diário dos fluxos de PAR incidente no topo e na base dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	146
Figura 44	Comportamento diário dos fluxos de PAR incidente no topo e na base dos dosséis: a) Cálice; b) Poda 2V e c) Poda 4V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	147
Figura 45	Variação mensal da radiação ultravioleta incidente ( $UV\downarrow$ ) sobre um pomar de mangueiras <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	148
Figura 46	Variação diária média da radiação ultravioleta incidente ( $UV\downarrow$ ) sobre um pomar de mangueiras <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	148
Figura 47	Comportamento diário do albedo de onda curta, infravermelho e PAR dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	152
Figura 48	Comportamento diário do albedo de onda curta, infravermelho e PAR dos dosséis: a) Cálice e b) Poda 4V da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	153
Figura 49	Variação estacional das radiações de onda curta, PAR, infravermelha e ultravioleta incidente sobre um pomar de mangueiras <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	154
Figura 50	Relação entre os valores diários da radiação de onda curta e as radiações infravermelha, fotossinteticamente ativa e ultravioleta sobre o dossel da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	155

- Figura 51 Absortividade, refletividade e transmissividade dos fluxos: a) de onda curta, b) infravermelho e c) PAR, pelo dossel da arquitetura pirâmide da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002 156
- Figura 52 Absortividade, refletividade e transmissividade dos fluxos: a) de onda curta, b) infravermelho e c) PAR, pelo dossel da testemunha da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002 157
- Figura 53 Absortividade, refletividade e transmissividade dos fluxos: a) de onda curta, b) infravermelho e c) PAR, pelo dossel da poda V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002 158
- Figura 54 Absortividade, refletividade e transmissividade dos fluxos: a) de onda curta e b) PAR, pelo dossel do cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002 159
- Figura 55 Absortividade, refletividade e transmissividade dos fluxos: a) de onda curta e b) PAR, pelo dossel poda 2V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002 160
- Figura 56 Absortividade, refletividade e transmissividade dos fluxos: a) de onda curta, b) infravermelho e c) PAR, pelo dossel da poda 4V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002 161
- Figura 57 Variação do comportamento do balanço diário de radiação durante o período de observação para cada dossel estudado: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002 163
- Figura 58 Variação média diária dos comportamentos do balanço de radiação para cada dossel estudado: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002 164
- Figura 59 Regressão entre os valores médios, a cada 10 minutos, do saldo de radiação e da radiação de onda curta incidente: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-

	RN, 2001/2002	166
Figura 60	Regressão entre os valores diários do saldo de radiação e da radiação de onda curta incidente: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	167
Figura 61	Avaliação da precisão das estimativas de $Q^*$ em função da radiação de onda curta incidente ( $K_{\downarrow}$ ), nos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	168
Figura 62	Variação estacional da temperatura do ar para o período de observação nos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	171
Figura 63	Comportamento médio diário da temperatura do ar em torno dos frutos nos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	172
Figura 64	Regressão entre os valores de temperatura do ar próximo aos frutos, medida por termopares e pelo termômetro de radiação infravermelho na mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	175
Figura 65	Variação da temperatura do ar próximo aos frutos e da porção da copa vista pelo termômetro infravermelho, no quadrante NW dos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	176
Figura 66	Variação da temperatura do ar próximo aos frutos e da porção da copa vista pelo termômetro infravermelho, no quadrante SW dos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	177
Figura 67	Variação da temperatura do ar próximo aos frutos e da porção da copa vista pelo termômetro infravermelho, no quadrante SE dos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	178

Figura 68	Variação da temperatura do ar próximo aos frutos e da porção da copa vista pelo termômetro infravermelho, no quadrante NE dos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	179
Figura 69	Dados totais de produção da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	185
Figura 70	Dados de produção, peso médio por planta, da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	185
Figura 71	Dados de produtividade, da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	186
Figura 72	Dados percentuais de produtividade acima da testemunha, da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	186
Figura 73	Dados totais de produção, por quadrante do dossel, da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	187
Figura 74	Dados totais de produção, por quadrante do dossel, da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	187
Figura 75	Percentual de frutos perdidos na produção da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	190
Figura 76	Percentual de frutos perdidos na produção da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	190
Figura 77	Percentual de frutos exportáveis e não exportáveis por tratamento na mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	193
Figura 78	Percentual de frutos exportáveis e não exportáveis por quadrante na mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	193
Figura 79	Percentual de frutos exportáveis e não exportáveis na mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	194
Figura 80	Peso médio dos frutos por tratamento na mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	194
Figura 81	Efeito do tempo sobre o Teor de Sólidos Solúveis (SST) em frutos de manga <i>Tommy Atkins</i> colhidos nas arquiteturas pirâmide (A1), testemunha (A2), poda V (A3), cálice (A4), poda	

	2V (A5) e poda 4V (A6) em Mossoró-RN, 2001/2002	197
Figura 82	Efeito do tempo sobre a Acidez Total Titulável (ATT) em frutos de manga <i>Tommy Atkins</i> colhidos nas arquiteturas pirâmide (A1), testemunha (A2), poda V (A3), cálice (A4), poda 2V (A5) e poda 4V (A6) em Mossoró-RN, 2001/2002	197
Figura 83	Efeito do tempo sobre o Potencial Hidrogeniônico (pH) em frutos de manga <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	198
Figura 84	Valores da coloração verde externa dos frutos C (a) e luminosidade da cor L (b) nas diferentes arquiteturas de poda da manga <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	201
Figura 85	Valores da coloração vermelha externa dos frutos C (a) e luminosidade da cor L (b) nas diferentes arquiteturas de poda da manga <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	202
Figura 86	Valores da coloração interna dos frutos C (a) e luminosidade da cor L (b) nas diferentes arquiteturas de poda da manga <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	203
Figura 87	Valores do ângulo Hue (H) da coloração: a) verde externo e (b) vermelho externo dos frutos nas diferentes arquiteturas de poda da manga <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	204
Figura 88	Valores do ângulo Hue (H) da coloração interna dos frutos nas diferentes arquiteturas de poda da manga <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	205

## LISTA DE TABELAS

	Pág.	
Tabela 1	Importação de frutas frescas pelos Estados Unidos e pela Comunidade Econômica Européia (1987 – 1996)	38
Tabela 2	Exportações Brasileiras de Frutos (US\$)	41
Tabela 3	Exportações de Manga (mil US\$) – Região Nordeste	41
Tabela 4	Parâmetros medidos sobre os dosséis da mangueira e sensores utilizados	101
Tabela 5	Valores médios da evolução de L, C e H, com o amadurecimento, para a manga <i>Tommy Atkins</i>	123
Tabela 6	Balanço de radiação de onda curta sobre o dossel de um pomar de mangueiras <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	125
Tabela 7	Distribuição percentual da radiação de onda curta nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	130
Tabela 8	Distribuição percentual dos fluxos de radiação infravermelha nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	135
Tabela 9	Distribuição percentual dos fluxos de radiação PAR nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	142
Tabela 10	Distribuição percentual dos fluxos de radiação ultravioleta nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	149
Tabela 11	Albedo médio diário observado na superfície foliar das diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	150
Tabela 12	Resultados da regressão linear entre os valores diários, da radiação de onda curta e as radiações infravermelha,	

	fotossinteticamente ativa e ultravioleta sobre o dossel vegetativo da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	151
Tabela 13	Valores percentuais de absorvidade (a), refletividade (r) e transmissividade (t) observados nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	154
Tabela 14	Resultados da regressão linear entre os valores médios de dez em dez minutos, de $Q^*$ contra $K_{\downarrow}$ e $K_{\downarrow}-K_{\uparrow}$ , nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	165
Tabela 15	Resultados da regressão linear entre os valores diários, de $Q^*$ contra $K_{\downarrow}$ e $K_{\downarrow}-K_{\uparrow}$ , nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	165
Tabela 16	Valores médios de temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), medidos próximo aos frutos, nos quadrantes NW, SW, SE e NE, dos dosséis pirâmide, testemunha e cálice da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	170
Tabela 17	Resultados da regressão linear entre os valores de temperatura do ar medidos pelos termopares ( $T_{ar}$ ) e da folhagem medida pelo termômetro de radiação infravermelho ( $T_{ir}$ ), nas arquiteturas: pirâmide, testemunha e cálice do dossel vegetativo da mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002	174
Tabela 18	Análise química da água usada na irrigação do pomar $T_3$ de mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	175
Tabela 19	Análise físico-química dos macros e micros elementos do solo do pomar $T_3$ de mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	180
Tabela 20	Resultados da análise química foliar do pomar $T_3$ de mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	182

Tabela 21	Dados de produção (kg) do pomar T <sub>3</sub> , por quadrante, em cada arquitetura de dossel estudada, na mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	184
Tabela 22	Resumo, em ordem decrescente, dos dados de produção do pomar T <sub>3</sub> , por quadrante, em cada arquitetura de dossel estudada, na mangueira <i>Tommy Atkins</i> , em Mossoró-RN, 2001/2002	185
Tabela 23	Percentual de frutos perdidos na produção da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	189
Tabela 24	Quantidade de frutos exportáveis e não exportáveis da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	191
Tabela 25	Valores médios das propriedades químicas dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	196
Tabela 26	Valores médios da intensidade (C) da cor dos frutos da manga <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	206
Tabela 27	Valores médios da luminosidade (L) da cor dos frutos da manga <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	207
Tabela 28	Valores médios do ângulo Hue (H) da cor dos frutos da manga <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	208

## LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

	Pág.	
Tabela 1	Análise de variância dos dados coletados de temperatura média do ar em torno dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	239
Tabela 2	Análise de variância dos dados coletados de temperatura máxima do ar em torno dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	239
Tabela 3	Análise de variância dos dados coletados de temperatura mínima do ar em torno dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	239
Tabela 4	Análise de variância dos dados de produção da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	240
Tabela 5	Teste Tukey para a FV colheita dos dados de produção da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	240
Tabela 6	Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de produção da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	241
Tabela 7	Teste Tukey para a FV quadrante dos dados de produção da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	241
Tabela 8	Análise de variância dos dados de queda natural de frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	242
Tabela 9	Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de queda natural de frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	242
Tabela 10	Teste Tukey para a FV colheita dos dados de queda natural de frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	243
Tabela 11	Análise de variância dos dados de queda de frutos por colapso interno da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	243
Tabela 12	Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de queda de frutos por colapso interno da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	244

Tabela 13	Teste Tukey para a FV colheita dos dados de queda de frutos por colapso interno da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	244
Tabela 14	Análise de variância dos dados de número total de queda de frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2000	245
Tabela 15	Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de número total de queda de frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	245
Tabela 16	Teste Tukey para a FV colheita dos dados de número total de queda de frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	246
Tabela 17	Análise de variância dos dados de número de frutos exportáveis da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	246
Tabela 18	Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de número de frutos exportáveis da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	247
Tabela 19	Análise de variância dos dados de número de frutos não exportáveis da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	247
Tabela 20	Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de número de frutos não exportáveis da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	248
Tabela 21	Análise de variância dos dados de número total de frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	248
Tabela 22	Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de número total de frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	249
Tabela 23	Análise de variância dos valores médios de SST dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	249
Tabela 24	Análise de variância dos valores médios de ATT dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	250
Tabela 25	Análise de variância dos valores médios do pH dos frutos da	

	mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	250
Tabela 26	Análise de variância dos valores médios da intensidade da cor C (Chroma) verde externo dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	251
Tabela 27	Interação entre arquitetura * quadrante para a cor verde externo	251
Tabela 28	Análise de variância dos valores médios da intensidade da cor C (Chroma) vermelho externo dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	252
Tabela 29	Interação entre arquitetura * quadrante para a cor vermelho externo	252
Tabela 30	Análise de variância dos valores médios da intensidade da cor C (Chroma) interna dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	253
Tabela 31	Interação entre arquitetura * quadrante para a cor interna	253
Tabela 32	Análise de variância dos valores médios da luminosidade da cor (L*) verde externo dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	254
Tabela 33	Análise de variância dos valores médios da luminosidade da cor (L*) vermelho externo dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	254
Tabela 34	Análise de variância dos valores médios da luminosidade da cor (L*) interna dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	255
Tabela 35	Análise de variância dos valores médios da cor em si (ângulo Hue), verde externo, dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	255
Tabela 36	Interação entre arquitetura * quadrante para a cor verde externo	256
Tabela 37	Análise de variância dos valores médios da cor em si (ângulo Hue), vermelho externo, dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	256
Tabela 38	Análise de variância dos valores médios da cor em si (ângulo	

	Hue), interna, dos frutos da mangueira <i>Tommy Atkins</i> em Mossoró-RN, 2001/2002	257
Tabela 39	Precipitações pluviométricas registradas na Fazenda MAISA em Mossoró-RN, de Dezembro de 2001 a Fevereiro de 2002 (mm)	258

## RESUMO

Esta pesquisa foi desenvolvida em Mossoró-RN em 2001/2002 e teve como objetivo encontrar alternativas para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade da manga *Tommy Atkins*, com base na influência da arquitetura do dossel vegetativo, radiação solar e temperatura do ar. Para estudar a penetração de radiação solar nos dosséis, utilizou-se 30 árvores com aberturas de copa diferentes. Foram instalados sensores que efetuaram medidas de radiação global, infravermelha e fotossinteticamente ativa (PAR) incidente no topo e na base dos dosséis, bem como a radiação refletida no topo, além da temperatura do ar próximo aos frutos. A obtenção de dados foi feita utilizando-se sistemas automáticos de coleta de dados, com aquisição a cada segundo. Nas colheitas, a copa de cada uma das árvores foi subdividida em quadrantes e os frutos colhidos separadamente. Os frutos foram armazenados em câmara fria para análise da coloração, SST, ATT e pH a zero, 24 e 31 dias pós-colheita. Os albedos máximos foram registrados nas arquiteturas poda 2V, 19,7% e pirâmide 19,2%. As arquiteturas testemunha, podas V e 4V não apresentaram diferença significativa de albedo, e o cálice foi a que menos refletiu. A quantidade de radiação que atingiu a base do dossel variou significativamente dependendo da arquitetura da copa das árvores, de 22,0% na testemunha a 65,0% no cálice. A radiação de onda curta incidente na base da arquitetura cálice foi três vezes a que chegou na base da testemunha. A radiação infravermelha incidente no topo, foi em média, cerca de 48,2% da radiação de onda curta, ao passo que a refletida variou de 28,9% na poda 4V a 34,0% na pirâmide. Enquanto a testemunha deixou passar apenas 43,9% da radiação infravermelha incidente no topo, as podas V, cálice e 2V deixaram passar: 79,4%; 74,3% e 70,3%, respectivamente. Os valores de PAR diário atingiram de 7,0 a 12,0 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, representando cerca de 47% da radiação de onda curta incidente, quase toda absorvida pelos dosséis. A arquitetura cálice apresentou a maior transmitância de PAR (38,2%), e as menores foram observadas na poda 4V, pirâmide e testemunha. A radiação ultravioleta diária variou entre 0,8 e 1,2 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, correspondendo, em média, a 4,9% da radiação de onda curta incidente. A máxima transmitância de UV ocorreu na poda 2V (90,1%) e a mínima na poda 4V (4,9%). Houve uma boa correlação entre a radiação de onda curta incidente (R<sub>g</sub>) e o saldo de radiação (Q\*). A temperatura em torno dos frutos foi sempre maior que a temperatura do ar, cerca de 1°C, com a testemunha apresentando valores praticamente iguais aos do ar, enquanto o cálice registrou Δt médio de 2 °C acima. As podas 4V e V apresentaram as maiores produtividades, cerca de 16 ton/ha, superando a média regional em 23%. Todas as arquiteturas testadas superaram a testemunha, que produziu apenas 9,5 ton/ha, 27% menos que a produtividade média da região. Os quadrantes mais produtivos foram SW e NE. A testemunha apresentou o maior índice de queda natural dos frutos, 34,5%, enquanto o cálice apresentou a maior perda por colapso interno (87,0%). As podas 4V e pirâmide produziram aproximadamente 48% de frutos para exportação, e a testemunha 38%. A análise pós-colheita mostrou que para todas as arquiteturas houve aumento no SST e pH ao longo do período de armazenamento dos frutos. O ATT médio teve acentuada redução do dia zero para o 31º dia de armazenamento dos frutos, em todas as arquiteturas. Não houve efeito significativo dos tipos de arquitetura e quadrantes nos valores de SST, ATT e pH, nem tampouco da interação entre os dois fatores. O tratamento mais eficiente no desenvolvimento da coloração interna e externa dos frutos foi o quadrante NW da arquitetura poda V.

## ABSTRACT

This research work was conducted at Mossoró-RN in 2001/2002 to devise alternatives for increasing the productivity and improving the quality of Tommy Atkins mangoes, based on the influence of crown architecture, solar radiation, and air temperature. To study the penetration of the solar radiation in the crowns it was utilized 30 trees which underwent crown thinning by different methods. Sensors were placed at selected sites for measuring the global, infrared, and photosynthetic active radiations inciding on the top and base of the crowns, as well as the reflected radiation on the crown top, besides the temperature near the fruits. Data were obtained at each time second through automatic data collecting systems. At harvest each tree crown was subdivided in quadrants and the fruits collected separately. The fruits were stored in cold chamber for color analysis and determinations of soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), and pH at zero, at 24 and 31 days post-harvest. The maximum albedos were provided by the 2V-thinned (19.7%) and pyramidal (19.2) architectures. Control, V-thinned, and 4V-thinned architectures did not differ significantly with regard to the albedo and the cup-shaped architecture was the least reflective. The amount of radiation that reached the crown base varied significantly depending on the crown architecture, 22.0% in the control to 65.0 in the cup-shaped. Short wave radiation inciding on the crown base in the cup-shaped architecture was threefold that at the base of the control. The infrared radiation inciding on the crown top averaged about 48.2% of the short wave radiation, while the reflected varied from 28.9% in the 4V-thinned to 34.0% in the pyramidal architecture. As the control architecture screened only 43.9% of the top-inciding infrared radiation, the V-thinned, cup-shaped, and 2V-thinned architectures allowed pass through 79.4, 74.3, and 70.3% of that radiation, respectively. Photosynthetic active radiation (PAR) reached amounts of 7.0 to 12.0 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, which represent about 47% of the inciding short wave radiation, almost entirely absorbed by the crowns. The cup-shaped architecture provided the highest PAR transmittance level (38.2%). The least PAR transmittance levels were recorded in crowns with 4V-thinned, pyramidal, and control architectures. The ultraviolet radiation varied between 0.8 and 1.2 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, which correspond on an average basis to 4.9% of the inciding short wave radiation. The maximum and minimum UV transmittances were recorded in the 2V- (90.1%) and 4V-thinned crowns (4.9%), respectively. There was a good correlation between inciding short wave radiation (R<sub>g</sub>) and radiation balance (Q\*). The temperature near the fruits was always approximately 1°C greater than that of air, but in the control architecture crowns that temperature practically equaled air's, while in cup-shaped crowns the average Δt was 2°C higher. Trees with the 4V- and V-thinned crowns were the most productive (about 16 ton/ha), reaching 23% above the region average. All architectures tested yielded better than the control, with only 9.5 ton/ha (27% below the region average). The most productive quadrants were SW and NE. In the control was recorded the greatest natural fruit fall index (34.5%) and the cup-shaped crowns had the greatest loss due to internal collapse (87.0%). Trees with 4V-thinned and pyramidal crowns produced about 48% export fruits against 38% of the control. According to the post-harvest analyses there were increases of SSC and pH in fruits from all architectures along time storage range. Fruits from all architectures had the average TA drastically decreased until the 31<sup>st</sup> day of storage. Type of architecture and quadrant, or their interactions, did not affect significantly SSC, TA, and pH. The most effective treatment with regard to the development of the internal and external fruit colors was the NW quadrant in V-thinned crowns.

## 1 - INTRODUÇÃO

A manga destaca-se como um fruto de alto valor comercial em muitas regiões tropicais. É o quarto fruto tropical no mercado internacional, depois da banana, do abacaxi e do abacate (FAO, 1997).

A fruticultura, apesar de representar cerca de 5% das áreas cultivadas no Brasil e exportar apenas 1% de sua produção em forma de frutos frescos, é uma das atividades capazes de assegurar ao Brasil um percentual significativo do volume de produção global (CARRARO & CUNHA, 1994), colocando-o em terceiro lugar no ranking dos produtores de frutos *in natura*.

Do conjunto de frutos atualmente comercializados, a manga é um dos mais populares do mundo, em função do seu amplo consumo nos países asiáticos e na América Latina. Ocupando em 1999 uma área de 2,74 milhões de hectares e uma produção de 23,85 milhões de toneladas, a manga é cultivada em 85 países, sendo a Índia o principal produtor com 50,3% do total (FAO, 2000). A China é o segundo produtor com 9,0%, seguida do México com 6,4% e da Tailândia com 5,2%. Os países asiáticos: Índia, China, Paquistão, Indonésia, Tailândia e Filipinas foram responsáveis por 75% da produção mundial no ano de 1999. O Brasil, com uma produção média de 600 mil toneladas/ano e uma área plantada de 62 mil hectares, é o nono produtor (PIMENTEL *et al.*, 2000).

Dada a importância econômica nos últimos anos nos mercados interno e externo, a manga passou a ser vista como uma alternativa frutícola com boas perspectivas para o Brasil e, em especial, para o Nordeste, onde cultivos empresariais vêm sendo implantados, empregando tecnologias mais adequadas de produção, com vistas à exportação e ao processamento (CUNHA *et al.*, 1994).

Estudo publicado na Revista Econômica do Nordeste destaca as possibilidades de ampliação das exportações brasileiras de manga, principalmente no mercado americano, circunstanciado pelo fato da safra brasileira ocorrer quando da entressafra do México, maior fornecedor do produto para os Estados Unidos. O estudo assinala que a regularidade no fornecimento da manga é essencial para se manter uma parceria comercial sustentável, destacando que a regularidade da oferta brasileira pode ser conseguida através da indução

floral, hoje em uso nas regiões do sub-médio do Rio São Francisco e do Vale do Rio Açu, no Nordeste brasileiro, que permite colheita durante todo o ano (ALMEIDA *et al.*, 2001).

No Rio Grande do Norte o cultivo da mangueira tipo exportação encontra-se em fase de franca expansão, tendo como base as cultivares *Tommy Atkins*, *Van Dyke*, *Kent*, *Keitt* e *Haden* (SANTOS *et al.*, 1996). Os principais empreendimentos estão localizados nos municípios de Mossoró, Baraúna, Ipanguassu, Alto do Rodrigues, Carnaubais e Upanema.

Uma das principais conseqüências do processo de globalização tem sido a elevação do nível de exigências dos consumidores de manga quanto à qualidade dos produtos, principalmente no que se refere a cor, aroma, textura, acidez, conteúdo de sólidos solúveis, entre outros. Como conseqüência, os países importadores de manga tornam-se mais exigentes quanto aos atributos de qualidade do produto. Entre esses atributos, a cor e a aparência do fruto se revestem de grande importância, pois podem sofrer influência das etapas de seleção e classificação dos frutos, bem como das condições do clima e cuidados nas operações pós-colheita. Além dessas exigências, que incluem os aspectos intrínsecos aos produtos, torna-se necessário levar em consideração, também, as questões da qualidade dos alimentos, do cumprimento das legislações (barreiras não-tarifárias) que reduzam o risco de importação de pragas e doenças e de produtos com resíduos de agrotóxicos, e, da garantia da utilização de boas práticas de produção, pós-colheita, beneficiamento, distribuição e comercialização.

Tal como ocorre com a maioria dos frutos, a aparência da manga é o fator mais importante para a sua comercialização, o que pode ser demonstrado pela preferência dos consumidores pelas mangas vermelhas mais vistosas. As variedades de frutos vermelhos, com no mínimo 50% de coloração, são as mangas mais procuradas nos mercados internacionais. Os consumidores europeus e americanos preferem a manga cuja polpa tenha fibras curtas, rejeitando a de fibras longas. A casca da manga deve estar perfeita até chegar aos consumidores finais, constituindo-se, devido à sua elevada fragilidade e grau de perecibilidade, no maior desafio à expansão das exportações (GUERREIRO *et al.*, 2001).

A variedade de boa aceitação nos mercados nacionais e internacionais é a manga *Tommy Atkins* que é cultivada usando-se a técnica de enxerto e começa a produzir no final do primeiro ano de plantio, alcançando sua plenitude produtiva a partir do terceiro ano, quando

inclusive estabiliza-se. Essa variedade, mesmo não sendo a preferida pelos consumidores internacionais, é a que possui maior participação no mercado. A coloração intensa, o bom rendimento físico e a resistência ao transporte a longas distâncias são os principais atributos a seu favor.

Dentre os frutos *in natura* exportados pelo Brasil, a manga tem se destacado nos últimos anos atingindo os mercados da Europa e Estados Unidos. No Nordeste brasileiro a exportação para o mercado americano era feita, até pouco tempo, pelos estados do Piauí, Pernambuco e Bahia, que possuíam instalações nos *packinghouse* das agroindústrias, capazes de executarem o tratamento hidrotérmico dos frutos. A partir de 2001 o Rio Grande do Norte passou a exportar, também, para o mercado americano, com a instalação, no Vale do Açú, de uma unidade de tratamento hidrotérmico. Há uma expectativa de exportação de manga do Nordeste Brasileiro para o mercado japonês. Como os frutos tropicais são bastante valorizados no Japão, a manga brasileira deverá ser comercializada a preços consideráveis. O mercado japonês tem pago cerca de US\$ 2,80 por quilograma de manga importada.

Os principais estados nordestinos exportadores de manga são: Pernambuco, Bahia, Rio Grande do Norte e Piauí. Na exportação para os mercados europeu e americano, o transporte marítimo é a alternativa usada pelos exportadores nordestinos, devido ao baixo custo, além de permitir maiores volumes de carga. No entanto, devido ao longo período de transporte o fruto necessita de uma vida útil pós-colheita de no mínimo 28 dias.

A produção de manga de alta qualidade, que atenda às exigências dos mercados nacional e internacional, requer modernização, aprimoramento e adoção das mais adequadas técnicas de cultivo, com rigoroso controle de qualidade, minimizando o uso de insumos químicos e assegurando uma produção sustentável a preços competitivos, respeitando e preservando o meio ambiente.

Os produtores de manga do Agropólo Mossoró-Açú no Rio Grande do Norte, têm enfrentado grandes problemas no que se refere ao preenchimento dos requisitos de qualidade exigidos pelos países importadores. Os principais problemas, são: distúrbios fisiológicos, manchas por antracnose, manchas escuras nas lenticelas e frutos fora dos padrões de maturidade, além da coloração (aparência prejudicada por pouca coloração característica da cultivar). Isso tem representado grande prejuízo financeiro para os

produtores da região, sendo, no momento, a solução do problema, um desafio para os pesquisadores da área.

A região em estudo, por estar inserida no semi-árido nordestino e próxima ao equador, apresenta elevado potencial de energia solar, altas temperaturas e baixos índices de umidade do ar durante todo o ano, fatores estes que, se aproveitados adequadamente, proporcionam condições bastante favoráveis ao desenvolvimento da fruticultura tropical.

No caso particular do cultivo da mangueira, as evidências de melhoria da qualidade dos frutos, baseadas no aproveitamento mais racional e na otimização dos elementos climáticos, são bastante animadoras, visto que um dos fatores que qualifica a manga para a sua aceitação no mercado externo é a coloração, característica esta perfeitamente possível de ser melhorada através do uso de novas técnicas, nos tratamentos culturais.

Por outro lado, considerando que no Nordeste a cultura da manga apresenta-se em ascensão, com incremento na produção nacional de 22,7% em 1994, para 32,2% em 1998 (GUERREIRO *et al.*, 2001), e que no Rio Grande do Norte o cultivo da manga tipo exportação encontra-se em fase de franca expansão, qualquer tentativa de melhoria da qualidade e/ou produtividade, será bem aceita, pois, representa perspectiva real de retorno econômico. Por exemplo, na região de Mossoró, com uma área cultivada com mangueira em torno de 2.000 ha e, uma produtividade média girando em torno de 13 ton/ha, apenas cerca de 60% da produção apresenta padrão aceitável para exportação. Isso significa dizer que em torno de 10.400 ton, por safra, ou são comercializadas no mercado interno ou são contabilizadas como perdas. Portanto, considerando o preço médio da caixa de manga de 4,5 Kg de US\$ 5,00, um aumento real de 10% na produtividade de frutos tipo exportação, resultaria em um retorno econômico da ordem de US\$ 1,7 milhão por ciclo produtivo dos pomares.

Assim, considerando a potencialidade de retorno econômico que a manga representa, como produto de exportação, esta pesquisa teve como objetivo geral, estudar a influência do tipo de arquitetura do dossel na absorção da radiação solar, na produtividade e na qualidade da manga *Tommy Atkins*, tipo exportação, produzida no Agropólo Mossoró – Açú.

Como objetivos específicos procurou-se:

- estudar os componentes da radiação de onda curta e o balanço de radiação sobre o pomar;
- determinar os albedos de onda curta, PAR e infravermelho, para os dosséis estudados;
- avaliar a absorção, reflexão e transmissividade em cada arquitetura de copa testada, para as três faixas de comprimento de onda mencionadas;
- relacionar o saldo de radiação com a radiação solar incidente;
- avaliar o aquecimento em torno dos frutos e nos quadrantes NW, SW, SE e NE dos dosséis vegetativos;
- quantificar a produtividade das arquiteturas de copa estudadas e dos diferentes quadrantes;
- avaliar os teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH dos frutos de cada tratamento;
- analisar a intensidade e luminosidade da cor dos frutos nas arquiteturas de copa testadas.

## 2 – REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Mercado Interno e Externo

As exportações mundiais de frutos cresceram a uma taxa média de 9,46 % ao ano durante o período de 1984 a 1993 (FAO, 1997). Essa tendência de crescimento, que se mantém atualmente (Tabela 1), é explicada, por um lado, pela crescente incorporação da demanda por produtos básicos de áreas carentes ou de transição e, por outro, pela preocupação cada vez maior do consumidor com a saúde e a estética. Em números absolutos, o mercado internacional de frutas frescas envolveu transações totais da ordem de US\$ 22 bilhões em 1997, sendo que 95% dos consumidores foram de países do Hemisfério Norte (SEAGRI, 2000). Embora a maior parte dessas transações se faça entre países vizinhos ou separados por curtas distâncias, a sofisticação da demanda dos consumidores, buscando dispor de frutos frescos o ano inteiro, criou e vem ampliando a exportação de longo curso, visando fornecer espécies de clima tropical durante o período de entressafra nos países do hemisfério Norte (SEAGRI, 2000).

Por outra parte, os consumidores dos mercados externos têm sido muito receptivos à novas variedades, abrindo espaço para as frutas tropicais, numa tendência que começou ainda nos anos 60 na Europa, com o abacate de Israel, seguido pelo *kiwi* da Nova Zelândia, pela manga e pela lima ácida na década de 70, pela papaia brasileira no início dos anos 80, para assumir tendência mais promissora no final da década passada, com a gama de frutas exóticas colombianas. Nos Estados Unidos a adesão ao consumo de frutos tropicais é mais recente mas, em compensação, dissemina-se e assume dimensões relevantes com maior velocidade, bastando citar o caso da manga, que do final dos anos 80 até agora atingiu consumo per capita de 700 g / ano, contra 200 g na Europa (SEAGRI, 2000).

O Brasil tem participado modestamente desses mercados ( as exportações brasileiras de frutas em 2000 totalizaram US\$ 369.181.649) embora conte com vantagens comparativas para estabelecer-se agressivamente tanto no mercado de frutas de clima temperado “fora de época”, como no mercado de frutas tropicais (banana, manga, mamão, papaia, limas ácidas e outras).

Tabela 1. Importação de frutas frescas pelos Estados Unidos e pela Comunidade Econômica Européia (1987 – 1996)

DISCRIMINAÇÃO	TAXA DE CRESCIMENTO AO ANO (%)			
	Estados Unidos		Europa	
	Quantidade	Valor	Quantidade	Valor
Banana	2,54	3,09	8,92	9,30
<b>Manga</b>	<b>12,67</b>	<b>13,55</b>	<b>12,48</b>	<b>10,0</b>
Melão	8,14	9,08	10,28	10,47
Abacaxi	5,27	7,81	5,49	5,08
Mamão	47,69	45,79	9,74	9,80
Uva	5,06	6,59	2,51	5,93

Fonte: FAO, 1997.

O mercado de frutos “fora de época”, hoje dominado basicamente pelo Chile, África do Sul e Nova Zelândia, representa 10% do volume do comércio mundial de frutos frescos (3,2 milhões de toneladas) e envolve valor estimado em US\$ 2 bilhões.

É importante observar que os frutos brasileiros são muito pouco conhecidos na Europa e Estados Unidos, que são dois grandes mercados consumidores e, portanto, representam um enorme potencial de crescimento de vendas no exterior. Visando incrementar a participação do Brasil no mercado de exportação de frutos *in natura* o governo tem feito um grande promocional iniciado em 1998 em quatro países (Estados Unidos, Inglaterra, França e Alemanha) e que deverá se prolongar pelos próximos quatro anos.

A produção brasileira de frutos totaliza 32 milhões de toneladas, das quais 45% são laranjas (14 milhões de toneladas), exportadas na forma de suco concentrado ou congelado. Os 18 milhões de toneladas restantes são representadas, predominantemente, por frutos tropicais como banana, manga, abacaxi, mamão e outros (SEAGRI, 2000). Apesar de se caracterizar como o terceiro maior produtor mundial de frutos, atrás apenas da China e da Índia e à frente dos Estados Unidos, o Brasil além do baixo desempenho do mercado exportador (Tabela 2) é invadido por frutos temperados oriundos de outros países, a ponto de registrar déficits na balança comercial do produto. Além da conquista dos espaços, hoje

ocupados pelos frutos importados, outras alternativas que se vislumbram para a fruticultura do Nordeste no lucrativo mercado nacional, referem-se às oportunidades de expansão da demanda de frutos tropicais para a região Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), e o abastecimento do parque agroindustrial de sucos, doces e outros processados da região, que está operando com elevados índices de ociosidade, pela falta de matéria prima (SEAGRI, 2000).

A manga é um fruto cultivado milenarmente em condições subtropicais e tropicais. Apesar disso, ainda é um fruto praticamente desconhecido dos consumidores do primeiro-mundo. O consumo mundial de manga foi de 23,5 milhões de toneladas em 1997 e concentrou-se basicamente na Índia, no Sudeste Asiático e na China, que em conjunto, representaram cerca de 73,6% da demanda mundial, e no México (5,6%). Embora a manga possua inúmeras formas de aproveitamento graças a uma vasta gama de derivados (suco, polpa, néctar, *chutney*, sorvete, fruta desidratada, cristalizada, entre tantos outros), é o consumo *in natura* do fruto que corresponde a 98% do valor das exportações, notadamente a parcela que responde pela maior parte da sustentação econômica desse agronegócio, sendo insignificante a participação do suco e da polpa como produtos negociáveis. Estatísticas recentes revelam que a produção brasileira de manga em 2000 alcançou cerca de 500 mil toneladas, das quais cerca de 53,8 mil toneladas (10,8%) foram destinadas à exportação. Dados da FAO e do Ministério da Fazenda indicam que os volumes negociados pelo Brasil com o resto do mundo cresceram 200% no período de 1994/1998 enquanto que os valores correspondentes em dólares apenas cresceram 86%, devido a uma forte queda nos preços internacionais da manga *in natura* (GUERREIRO *et al.*, 2001).

Considerando somente a região Nordeste, essa mesma relação seria de 22.900 toneladas exportadas para um total produzido de 223.000 toneladas. Isso representa um percentual exportado de 10,2%, mostrando o caminho de especialização que essa região tem trilhado nos últimos anos no cultivo da manga. Em 1996, as exportações de manga constituíram um negócio que movimentou um montante de US\$ 26 milhões. Estima-se que o mercado interno, a partir da produção regional, perfaça um mercado ainda maior (CASTRO *et al.*, 1998).

A cultura da manga teve uma participação de US\$ 35.762.655 nas exportações de frutas em 2000, de um total de US\$ 369.181.649 (Tabela 2) exportado pelo Brasil,

correspondendo a 9,68% do total exportado (SECEX/MDIC, 2001). Nos últimos anos, o Brasil tem exportado mais de 20 tipos de frutas frescas. No período de 1993 a 2001, a participação relativa da manga, no valor das exportações de frutas frescas no Brasil, passou da terceira posição para a primeira (Tabela 2). Em 2001, apenas sete frutas contribuíram com mais de 86% do valor exportado, quais sejam: manga, melão, laranja, uva, mamão, maçã e banana (SOUZA *et al.*, 2002). Porém, no que diz respeito às técnicas de conservação pós-colheita de frutos, a produção brasileira deixa muito a desejar, perdendo consideráveis fatias de mercado, devido à baixa qualidade dos frutos.

A Tabela 3 complementa os dados sobre a evolução das exportações de manga pelos principais estados produtores do Nordeste, região que no período 1994/1998 concentrou em média cerca de 90% do total das exportações brasileiras. Em 1998, as áreas irrigadas de Juazeiro/Petrolina no vale do rio São Francisco já respondiam por 80% das exportações do Nordeste e 71% das exportações nacionais de manga. O Rio Grande do Norte, por sua vez, participou em 1998 com 18,2% das exportações de manga do Nordeste e 16,3% das exportações nacionais.

Apesar de sua importância para alguns países, a cultura da mangueira em geral apresenta um rendimento médio por hectare relativamente pequeno, o que demonstra que as novas tecnologias atualmente disponíveis ainda são pouco utilizadas. As Filipinas têm a maior produtividade com 11,87 t/ha, seguida do México com 10,24 t/ha, e do Paquistão com 10,17 t/ha. O Brasil apesar do bom nível tecnológico adotado em algumas regiões, como no Vale do sub-médio do Rio São Francisco (Petrolina-PE – Juazeiro-BA), apresenta um rendimento médio de apenas 9,6 t/ha (PIMENTEL *et al.*, 2000).

Considerando a atual disponibilidade de tecnologias para o cultivo da mangueira, a produção mundial poderá ser duplicada sem necessidade de expansão da área plantada. O comércio externo de manga é pouco significativo quando comparado à produção. De acordo com as últimas estatísticas disponíveis de exportação, o mercado exportador de manga cresceu cerca de 2,6 vezes no período de 1990/1999, passando de 158,0 mil toneladas para 576,4 mil, mas semelhantemente ao mercado importador, representa apenas cerca de 2,0% da produção mundial que é de 23,8 milhões de toneladas, ou seja, apenas 2,0% da manga produzida é comercializada internacionalmente (GUERREIRO *et al.*, 2001).

Tabela 2. Exportações Brasileiras de Frutos (US\$).

FRUTAS	Valor comercializado em US\$					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Manga</b>	<b>28.740.897</b>	<b>20.182.289</b>	<b>32.517.407</b>	<b>32.011.275</b>	<b>35.762.655</b>	<b>50.814.000</b>
Banana	6.226.704	8.381.081	11.628.862	12.518.012	12.359.117	16.036.000
Abacaxi	4.050.768	3.938.385	3.853.644	4.289.757	4.087.057	3.408.000
Laranja	20.410.123	23.091.638	14.358.728	21.108.431	15.247.625	27.538.000
Tangerina	2.684.874	4.692.680	2.523.989	3.763.174	4.977.133	6.697.000
Uva	6.344.918	4.892.146	5.856.437	8.614.856	14.604.702	21.563.000
Melão	25.326.783	20.913.101	28.323.447	28.733.371	25.004.970	39.297.000
Mamão	4.723.912	7.276.752	9.453.484	13.577.523	17.694.482	18.503.000
Maçã	1.787.315	11.297.195	5.667.095	30.153.133	30.756.877	18.139.000
Figo	1.742.409	1.599.054	1.437.811	1.541.238	1.268.711	1.268.711
Melancia	1.251.599	739.441	1.031.417	1.798.366	1.809.034	1.809.034
Outras	30.987.525	50.353.102	57.326.769	70.407.083	241.371.941	11.732.000
<b>Total</b>	<b>105.536.930</b>	<b>137.174.575</b>	<b>141.461.683</b>	<b>175.396.513</b>	<b>369.181.649</b>	<b>215.538.035</b>

Fonte: SECEX/MDIC (2001) e MAPA (2002).

Tabela 3. Exportações de Manga (mil US\$) – Região Nordeste

Estados	1994	1995	1996	1997	1998
Piauí	31	62	378	217	788
<b>Rio G. Norte</b>	<b>449</b>	<b>679</b>	<b>1565</b>	<b>1106</b>	<b>6444</b>
Ceará	-	-	-	10	20
Pernambuco	7475	5265	9906	9299	12190
Bahia	3885	5000	10151	9660	15888
Nordeste	11851	11017	22002	20294	35332
Brasil	13181	12828	24186	23370	39572

Fonte: FAO, SECEX/DECEX

Este fato demonstra que quase toda a produção ainda é destinada ao mercado interno dos países produtores e que a exportação desse fruto ainda pode ser incrementada (PIMENTEL *et al.*, 2000).

O México é o principal exportador de manga, responsável, em 1998, por 41,1% das exportações mundiais (510 milhões de toneladas), seguido das Filipinas com 10,3%; Brasil com 7,7%, Índia com 5,3% e Holanda com 3,4%, perfazendo um total comercializado de 375,5 milhões de dólares. O Brasil, por produzir em época de pouca oferta, obtém preços médios bem melhores por suas mangas. Esse fato, no entanto, pode ser modificado com o passar do tempo, uma vez que em função das vantagens evidentes a concorrência também está buscando produzir nesses períodos. Entre os mercados consumidores o que mais importou em 1998 foram os Estados Unidos, responsáveis por 33% do valor total comercializado, seguidos da China, com 10,8%, Holanda e França, que atuam como intermediários neste mercado. Em qualquer produto agrícola, os preços são um reflexo da oferta. Em geral uma elevação na oferta acarreta redução nos preços. No caso da manga, os preços obtidos pelos países exportadores elevaram-se 29 % entre 1990 e 1994 e reduziram-se em 16 % entre 1994 e 1998 (PIMENTEL *et al.*, 2000).

A nível interno, as cotações da manga *Tommy Atkins* na Central de Abastecimento de São Paulo no período de 1995/2000, tiveram uma queda vertiginosa de preço, caindo de 93 para 27 centavos de dólar por quilo. No mercado de Juazeiro-BA, os preços médios em 2000 (US\$ 0,23 por kg) foram inferiores aos praticados na CEASA de São Paulo. Os custos de produção em Petrolina –PE no ano de 2000 foram de US\$ 174,4/ton e o preço médio US\$ 230,1/ton FOB (GUERREIRO *et al.*, 2001).

No Brasil, a manga é cultivada em todas as regiões fisiográficas, com destaque para o Sudeste e o Nordeste. Da produção nacional de 2,15 bilhões de frutos/ano, conseguida em 67,6 mil hectares, cerca de 84% se concentra em sete Estados: São Paulo, Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba. Na região Sudeste a produção é concentrada no estado de São Paulo, que em 2000 produziu 25.511 frutos por hectare, participando com 34,15% da produção brasileira, contra 60,11% de participação da região Nordeste (SOUZA *et al.*, 2002). No Nordeste, a manga é cultivada em todos os estados, por apresentarem excelentes condições fitossanitárias para o seu desenvolvimento e produção, em razão da alta luminosidade, das reduzidas precipitações pluviométricas e da baixa

umidade relativa do ar. Além das vantagens ligadas ao processo produtivo, o Nordeste apresenta uma vantagem comparativa em relação ao Centro-Sul do país, relacionada com o tempo de transporte para os principais mercados consumidores.

De um modo geral, a exploração da manga no Brasil é feita em moldes extensivos. É comum o plantio de pés esparsos em quintais e bosques subespontâneos em pequenas propriedades, onde são utilizadas cultivares inadequadas ao mercado externo (SOUZA *et al.*, 1996). A esse respeito, GAYET (1994) afirma que no Brasil predominam as variedades locais ( Bourbon, Rosa, Espada, Coqueiro, Ouro, etc.); entretanto nos últimos anos, grandes áreas têm sido substituídas e/ou plantadas com variedades coloridas, com ampla aceitação pelo mercado externo. Entre essas variedades, a *Tommy Atkins* é a preferida, com participação estimada em 70 a 80 %.

Com relação ao período de produção, MEDINA (1996 a) afirma que grande parte das regiões mundiais produtoras de manga está situada em clima subtropical ou tropical de altas latitudes (20° a 30° S). Acrescenta, que o forte determinismo climático, próprio dessas latitudes, provoca grande concentração da produção no período abril-agosto, abrindo-se dessa forma nichos de mercados que podem ser explorados pelo semi-árido nordestino, já que sua posição geográfica lhe possibilita a obtenção de colheitas nos meses em que ocorre desaquecimento da oferta mundial de manga.

Recentemente, a incorporação de plantios tecnificados tem crescido nos estados de Pernambuco, Bahia, Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará. O Submédio São Francisco é a principal região produtora de manga para exportação e conta com aproximadamente 21.800 hectares plantados. Em 2001 produziu cerca de 250 mil toneladas de manga, das quais 82 mil toneladas foram destinadas ao mercado externo, o que representa mais de 95% das exportações brasileiras da fruta. A região dispõe de uma infra-estrutura de *packinghouse* com capacidade para processar em torno de 1.000 toneladas/dia de manga (FRUTISÉRIES, 1999). Das 19 estruturas instaladas no Brasil com capacidade de beneficiar a manga, 16 estão em operação no Submédio do Vale do rio São Francisco (SOUZA *et al.*, 2002).

Atualmente a região Nordeste concentra a maior parte da produção de manga, sendo seguida pela sudeste. Embora as regiões Nordeste e Sudeste apresentem uma participação não muito distinta em termos de área colhida, o rendimento médio do Nordeste é cerca de 46% superior ao obtido na região Sudeste. Em relação ao rendimento médio do país,

observa-se que as regiões Norte e Nordeste apresentam resultados superiores à média nacional, tendo sido em 2001, 27,65% e 16,89%, respectivamente, acima da média do rendimento da cultura no Brasil, que é de 31.857 frutos/hectare. Nas demais regiões, o rendimento médio ficou abaixo da média nacional (SOUZA *et al.*, 2002).

## 2.2. A Cultura da Mangueira

A mangueira (*Mangifera indica*, L.) é originária do Sul da Ásia, mais precisamente da Índia, onde há mais de 4000 anos é cultivada, difundindo-se posteriormente para outras partes do mundo, inclusive as Américas. Há fortes evidências, conforme SILVA (1996), de que a mangueira tenha sido originária em um grande centro, sendo esse subdividido em dois subcentros: o subcentro Índico-Burma-Tailandês e o subcentro Filipinico-Celeste-Timor. Esses subcentros deram origem a dois tipos de manga: indiana e indochinesa. O tipo indiana possui um estame viável, isto é, fértil, frutos monoembriônicos com formato oblongo-ovalado e coloração entre o rosa e o avermelhado. O tipo indochinesa ou filipinica apresenta cinco estames férteis, com frutos poliembriônicos de formato longo e casca que vai do verde ao amarelo. Esta cultura pertence à família anacardeaceae, cujo fruto é uma drupa com polpa comestível e forma irregular, conforme a espécie.

### 2.2.1. Aspectos Botânicos e Morfológicos

Segundo a classificação filogenética (BARROSO, 1984), a mangueira pertence à divisão das **Embriófitas Sinfonógamas (Fanerógamas ou Espermafítas)**.

Taxonomicamente, pertence ao Phylum ou subdivisão Angiosperma; subphylum ou classe Dicotiledônea; Ordem Sapindales.

ENGLER, citado por (BARROSO, 1984), teria incluído as famílias Anacardiaceae e Sapindaceae na ordem Sapindales; GEMTCHUJNICOV (1976), cita as famílias Anacardiaceae na ordem Rutales; alguns autores as incluem na ordem Sapindales.

A família Anacardiaceae, a qual pertence a mangueira, consiste em aproximadamente 79 gêneros e em torno de 600 espécies, sendo as mais comuns: o cajueiro *Anacardium occidentale* L.; a cajazeira, *Spondias lutea* Linn.; o umbuzeiro, *Spondias tuberosa* Arr. Cam.; a seriguela, *Spondias purpurea* Linn. e o cajá manga, *Spondias cytherea* Sonn.

A mangueira pertence ao gênero *Mangifera* e à espécie *Mangifera indica* L. Segundo MEDINA (1981), o gênero *Mangifera* compreende duas seções naturais, com 37 e 7 espécies, respectivamente. A seção I, com um disco intumescido, bem desenvolvido, circundando o ovário; a seção II, com disco reduzido à forma de um pedicelo ao ovário, muito curto e ausente. A seção I compreende a *Mangifera indica* e espécies afins, o grupo com um estame fértil abrange o maior número de espécies.

A mangueira apresenta-se como uma planta arbórea, cujo porte varia entre 3 e 30 metros de altura, considerando-se as plantas enxertadas e as de pé franco, respectivamente. A planta é copada, bastante ramificada, as vezes densamente enfolhada. O caule é do tipo tronco, lignificado, com uma casca rugosa bastante espessa, fissurada longitudinalmente, apresentando coloração variando do cinza escuro ao preto. As folhas apresentam forma e tamanho variados, simples, penadas, lanceoladas, oblongo-lanceoladas, acuminadas, com base cuneada, margens lisa ou levemente onduladas. A consistência é coreacea ou às vezes membranáceas, coloração verde escuro nas folhas maduras e arroxeadas ou bronzeadas nas folhas novas em desenvolvimento. As inflorescências são paniculadas, cônicas piramidais, cujas dimensões variam entre 20 e 60 cm de comprimento e os ramos laterais de 6 a 15 cm. Cada árvore apresenta de 600 a 6000 panículas por planta. As panículas terminais são isoladas e maiores, originando-se a partir das gemas apicais. As panículas laterais encontram-se sempre agrupadas e são menores, originando-se a partir das gemas subapicais (MEDINA, 1981). Encontramos, ainda, as panículas com parte reprodutiva e parte vegetativa (mista) e panículas totalmente reprodutivas (pura). A maior parte existente na mangueira é pura, as mistas aparecem em pequena percentagem. As flores são miúdas, de coloração variada, podendo ser encontradas nas cores brancas, cremes, amarelo-esverdeadas, entre outras. A mangueira apresenta dois tipos de flores: as hermafroditas (perfeitas) e as masculinas ou estaminadas. As flores masculinas possuem um estame fértil (raramente dois) atingindo tamanho quase igual ao comprimento do ovário e estilete e mais quatro estames estéreis (estaminóides), de tamanho bastante reduzido. Geralmente as flores estaminadas constituem 75 % das flores da panícula. Uma panícula possui entre 200 e 4000 flores, com as flores estaminadas ocupando em maior parte a base, enquanto que as hermafroditas ocupam a porção terminal da panícula.

O início do florescimento da mangueira ocorre entre o período de julho a agosto, dependendo da variedade e das condições climáticas. Nas regiões semi-áridas o florescimento pode iniciar-se a partir de março, sendo mais comum em junho, sob condições de indução floral. As panículas são emitidas a partir de julho-agosto e frutificam entre setembro e outubro. A maioria dos botões florais iniciam a abertura durante a noite e estão completamente abertos pela manhã. As flores iniciam a abertura pela manhã e terminam no mesmo dia, dependendo da variedade, das condições climáticas e da região. Na maioria das variedades as flores abrem-se durante 10 dias. A deiscência das anteras ocorre logo após a abertura das flores. As anteras assumem cores diversas no decorrer do dia, iniciando pela coloração vermelho claro, mais tarde vermelho escuro, vinho e finalizando com um tom acinzentado, geralmente após a fecundação. Em geral a deiscência inicia-se a partir de 1 hora e vai até as 17 horas, ocorrendo o maior índice de polinização nesse período. Mesmo sendo considerada uma planta auto-fértil, a polinização das flores da mangueira ocorre de forma cruzada, tendo como principal agente os insetos (polinização entomófila).

A mangueira comumente apresenta-se como uma espécie de produção alternada, isto é, um ano com boa produção e outro ruim. Esta baixa fertilidade é explicada, em parte, pela falta de um bom agente polinizador, no caso a abelha, que quase não visita as flores, não se constituindo como um bom agente polinizador. Outros problemas como: pequeno número de grão-de-pólen, percentagem baixa de flores férteis, dicogamia (amadurecimento dos órgãos sexuais masculino e feminino em períodos diferentes), grande número de flores masculinas (75 % com relação às hermafroditas), alta percentagem de flores perfeitas que não são polinizadas, falha de germinação do grão-de-pólen no estigma, estigma desprovido e substância para fixação do grão-de-pólen, grão-de-pólen agregado dificultando a soltura e transporte, falta de umidade no solo, altas temperaturas, adubação inadequada etc..

As sementes da mangueira podem apresentar-se como monoembriônicas e poliembriônicas. As monoembriônicas possuem apenas um embrião. Este é sexuado e resulta da fecundação entre o grão-de-pólen e o óvulo. As poliembriônicas possuem vários embriões, cujo número pode chegar a 16, sendo um embrião sexuado e os demais assexuados. Os frutos são do tipo drupa carnosa, achatados lateralmente, com variações conforme o tipo, tamanho, forma, coloração, presença de fibras, aroma e sabor. Seu peso

varia entre 100 e 600 gramas. Sua forma varia, podendo ser: ovalado, arredondado, cordiforme, elíptico, oval ou reniforme.

### 2.2.2. Aspectos Fisiológicos

Apesar dos diversos trabalhos realizados com mangueira, sua fisiologia ainda permanece pouco conhecida. A imensa variabilidade no comportamento dessa planta tem sido esclarecida com base nos fatores ambientais. Contudo, ainda não tem sido explicado como esses fatores chegam a afetar a fisiologia da mangueira. Adicionalmente, não se conhece a maneira como os fatores fisiológicos, climáticos e edáficos interagem para afetar a produção e qualidade dos frutos.

No submédio do Rio São Francisco, principalmente nos municípios de Juazeiro e Petrolina-PE, o cultivo da manga tem demonstrado grande potencial produtivo com qualidade para exportação. Contudo, devido à falta de conhecimentos sobre o comportamento dos fatores fisiológicos que afetam a produtividade, a cultura nesta região tem apresentado problemas que afetam o desempenho produtivo da planta.

#### 2.2.2.1. Crescimento

De uma maneira geral, nas plantas frutíferas, o tamanho da árvore depende de vários fatores, como: variedade, tipo da planta (enxertada ou pé franco), temperatura, luminosidade, precipitação pluviométrica e solo. As plantas de pé franco atingem maiores alturas que as enxertadas. O crescimento vegetativo da mangueira apresenta um padrão alternativo caracterizado por períodos de crescimento ativo e períodos de dormência. O número e frequência de emissão de novos ramos dependem da variedade cultivada, condições climáticas, idade da planta e número de frutos produzidos por planta na colheita anterior. A iniciação desse processo depende da disponibilidade de nitrogênio, umidade do ar e do solo e da produção de carboidratos, além da variação no nível de inibidores ou promotores de crescimento nas folhas ou nos ramos.

A maioria dos estudos indica que a iniciação e desenvolvimento de cada novo lançamento, seguido por um período de dormência definido, ajudam os ramos a atingirem maturidade fisiológica para a iniciação da floração e desenvolvimento dos frutos. Assim, os ramos que apresentam um período de dormência e crescimento, possuem uma maior

probabilidade de florescerem. É importante notar que os ramos não crescem isoladamente. Isto pode ser alterado em função do crescimento das raízes e do próprio crescimento radial dos ramos (diâmetro).

Uma das causas da variabilidade na duração das fases de crescimento da mangueira é o uso de porta-enxertos não padronizados. Na maioria das variedades cultivadas na Índia, a transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva é geralmente de quatro a cinco anos nas variedades enxertadas e de mais de oito anos para as plantas não enxertadas. Hoje já se utiliza o estresse hídrico ou alguns produtos químicos como indutores de floração. Com isto as mangueiras chegam a florescer aos dois anos de idade, enquanto que o período de transição da fase vegetativa para a reprodutiva seria um pouco maior, entre os três e quatro anos.

A taxa máxima de fotossíntese ocorre nas folhas de coloração verde clara, enquanto que as folhas verde escuras, tanto as muito novas como as velhas possuem uma atividade fotossintética reduzida. Em condições naturais a copa da mangueira apresenta folhas sobrepondo folhas, por este motivo, muitas folhas recebem uma irradiância muito abaixo (menos que  $8 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) das necessidades ótimas para assimilação máxima que é de  $12$  a  $14 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Em termos de eficiência fotossintética, as folhas jovens e maduras de um mesmo ramo, são igualmente eficientes, até 60 dias depois da emissão do ramo. Posteriormente, as folhas apicais atingem uma maior eficiência fotossintética (CASTRO NETO, 1995).

Com relação aos dados climáticos, pesquisas mostram que a temperatura do ar afeta a floração, crescimento, desenvolvimento e amadurecimento dos frutos, sendo a faixa ótima entre  $19,5$  e  $27$  °C, embora valores altos de até  $45$  °C não prejudiquem o desenvolvimento da cultura, a não ser que ocorram, concomitantemente, baixa umidade do ar e ventos fortes, o que concorrerá para um aumento da transpiração e um conseqüente desequilíbrio no balanço hídrico. O cultivo da mangueira em regiões chuvosas e com alta umidade, favorece ao crescimento vegetativo, provoca a queda das flores, a lavagem dos grãos de pólen e restringe o movimento dos insetos polinizadores (CASTRO NETO, 1995).

### 2.2.2.2. Resistência Estomática, Transpiração e Fotossíntese

A troca de  $\text{CO}_2$  e vapor d'água nas folhas ocorre principalmente pelos estômatos. Um entendimento da resposta dos estômatos em folhas de manga a vários fatores ambientais é de fundamental importância para o estudo da fotossíntese.

Como nas outras dicotiledôneas, a distribuição dos estômatos na face adaxial das folhas da manga é desprezível. Em um estudo conduzido para entender a idade da folha na qual ocorre a troca livremente do  $\text{CO}_2$  e vapor d'água pelos estômatos, foi encontrado que uma semana depois dos brotos abertos, quando as folhas basais alcançaram aproximadamente 33 % da área final, já exibiam alta resistência estomatal ( $18,2 \text{ s cm}^{-1}$ ) e baixa taxa de transpiração ( $1,203 \text{ g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Doze dias após os brotos abertos, quando a folha alcançou tamanho e área máxima, a resistência estomatal ainda registrou um alto valor ( $11,43 \text{ s cm}^{-1}$ ). A resistência estomatal diminuiu para  $2,41 \text{ s cm}^{-1}$  no décimo quinto dia após abertura dos brotos, no qual a transpiração aumentou para  $9,75 \text{ g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Depois disso, nas três semanas seguintes os valores foram ambos ficando constantes, resistência estomatal ( $0,9$  a  $1,3 \text{ s cm}^{-1}$ ) e taxa de transpiração ( $9,8$  a  $13,4 \text{ g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (CHAKO, 1982). Durante os doze primeiros dias de crescimento, uma troca muito pequena de gás ( $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ ) parece acontecer nas folhas novas e seu crescimento depende completamente dos fotoassimilados translocados das folhas velhas. Estudos de fixação e translocação do  $^{14}\text{CO}_2$  fotossintético e do  $^{14}\text{C}$  fotoassimilados, têm confirmado o mesmo resultado (CHAKO, 1982). Assim, como as folhas em grandes árvores estão expostas sujeitas à variação da densidade de fluxo de fóton (PPFD) devido ao sombreamento mútuo, informações do efeito da variação do PPFD no ambiente dos estômatos são úteis para se entender o papel do sombreamento das folhas em relação à contribuição dos fotoassimilados. Já foi observado que a partir de  $150 \text{ E s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ , as folhas da mangueira são capazes de manter os estômatos abertos, facilitando as trocas livres de vapor d'água e  $\text{CO}_2$ . Entretanto, foi também observado que sob muita luz ( $1870 \text{ E s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ) a resistência estomática registrou valores baixos ( $0,76$  a  $0,83 \text{ s cm}^{-1}$ ), a taxa de transpiração das folhas variou consideravelmente dependendo da umidade relativa da atmosfera. Então, quando a resistência estomática é baixa e constante, a transpiração das folhas da manga deverá variar consideravelmente, dependendo da pressão atual do vapor d'água na atmosfera (CHAKO, 1982). Os resultados desses estudos e um grande número de outras observações posteriores, mostraram que a

taxa de transpiração em folhas de manga sob condições não irrigadas, no verão, variou de 10 para 27  $\text{g s}^{-1} \text{cm}^{-2}$ , dependendo da idade da folha, variedade e carga da cultura. Dessa maneira, durante o período de oito horas de muita luminosidade, aproximadamente 48 litros de água foram disponíveis para ser transpirados pelas 50.000 folhas presentes no sexto ano de árvores velhas da variedade *Dashehari*, na taxa de transpiração de 10  $\text{g s}^{-1} \text{cm}^{-2}$ .

A anatomia das folhas e as estruturas dos cloroplastos (POSSINGHAM, comunicação pessoal), são claramente indicativos do caminho  $\text{C}_3$  da fotossíntese operando em manga, não é surpresa que como em outras árvores de frutos sempre verdes como os citros e o abacate, a taxa fotossintética líquida em folhas de manga também mostre baixos valores de  $\text{E s}^{-1} \text{m}^{-2}$ . Entretanto, existem poucas informações relatando taxas atuais de fotossíntese líquida em folhas de diferentes idades, em diferentes variedades e sob diferentes condições de crescimento (CHAKO, 1982).

De acordo com WHILEY & SCHAFFER (1997), o crescimento e produtividade estão diretamente relacionados com a quantidade de dióxido de carbono fixada durante a fotossíntese e a subsequente distribuição dos carboidratos para os vários órgãos da planta. Estresses ambientais abruptos em plantas, são realmente refletidos na atividade fotossintética, os quais podem ser usados como indicadores do crescimento e performance ocorridos. Tal informação fisiológica produz grande entendimento dos mecanismos da planta, os quais podem colaborar com o desenvolvimento no manejo de estratégias para aumentar a produtividade.

Na maioria dos estudos com árvores frutíferas, o método empregado para determinar a eficiência fotossintética envolve medidas de absorção de  $\text{CO}_2$  pela folha. SYVERTSEN & LLOYD (1994) publicaram um resumo dos fluxos de vapor d'água e  $\text{CO}_2$ , comumente se referindo à troca de gás nas folhas de citros, como sendo aplicada para todas as espécies frutíferas.

#### 2.2.2.3. Nutrição

A correlação entre o estado nutricional da planta e os fatores fisiológicos determinantes da produção, são de grande importância na determinação do uso de fertilizantes e fertilização da mangueira.

A mangueira parece possuir uma boa capacidade de se recuperar de longos períodos de subnutrição com o uso adequado de fertilizantes. Isto ocorre, provavelmente, devido à planta apresentar uma grande capacidade armazenadora de substâncias de reservas e ao seu sistema radicular que, apesar de pouco denso, ocupa um grande volume de solo.

O estado nutricional da planta tem sido detectado, principalmente, através da análise foliar, embora existam outras técnicas que possam ser usadas. O uso de folhas com idade de 6 a 7 meses, retiradas do meio do ramo floral de diversas partes da planta, é a metodologia mais apropriada para se conhecer o estado nutricional da planta.

Dentre os nutrientes, o nitrogênio tem grande influência no crescimento e desenvolvimento das plantas, promovendo a produção de ramos, folhas e frutos. Como ingrediente essencial para a clorofila, proteínas, desenvolvimento de hormônios e enzimas, o nitrogênio é uma estrutura de bloqueio para a produção de frutos. Em geral, plantas que são deficientes em nitrogênio mostram um fraco desenvolvimento e uma baixa produtividade. O fósforo está mais associado com o desenvolvimento da raiz, produção de caule forte, boa forma de frutos e maturação em tempo certo. A deficiência de fósforo pode provocar um fraco desenvolvimento da raiz, com sérios problemas de absorção de água e nutrientes, deformação dos frutos, maturação em tempo inadequado e textura grossa dos frutos. O potássio melhora a qualidade da cultura e a vida útil pós-colheita, bem como alivia as condições de estresse devido à seca, frio, salinidade e ataque de doenças. Além de nitrogênio, fósforo e potássio, alguns micronutrientes têm papel importante no desenvolvimento, crescimento e produção da mangueira. Dentre estes podemos citar: manganês, zinco, boro, magnésio, cálcio, cobre, entre outros. Apesar da mangueira responder positivamente às adubações de N, P e K, a quantidade a ser aplicada destes nutrientes depende de diversos fatores como: solo, cultivar, e idade da planta. Entretanto, em pomares com boa produção e sob condições ambientais variadas, tem-se observado níveis de: Nitrogênio: 1,40 a 1,55 %; Fósforo: 0,09 a 0,16 %; Potássio: 0,37 a 0,67 %.

A relação entre a quantidade de carboidratos e compostos nitrogenados e a floração da mangueira tem sido estudada por diversos autores, devido a relação C/N ser um fator crítico para a indução floral. Em quase todas as variedades estudadas, foi encontrado que altos teores de carboidratos, de compostos nitrogenados e uma alta relação C/N favorecem a iniciação floral. Muitos estudos demonstraram teores altos de constituintes nitrogenados

no caule e na folha da mangueira em início de floração. O nível de nitrogênio total é mais alto nos ramos com frutos, comparados com os ramos sem frutos. Porém, ainda há a necessidade de estudos que venham a confirmar estas relações. O que se sabe, com certeza, é que a mangueira deve apresentar uma boa quantidade de reserva para que a iniciação floral seja fácil e produza uma boa florada. Portanto, deve-se procurar ao máximo fazer com que a planta armazene reservas antes que a indução floral seja realizada (CASTRO NETO, 1995).

Uma alta taxa fotossintética e um suprimento adequado de fotoassimilados (carboidratos) são fatores críticos para a indução floral em mangueiras. Em pomares onde as plantas estão sujeitas ao sombreamento pela planta vizinha, a parte da planta que está sendo sombreada não produz flores e a produção de frutos é baixa (CASTRO NETO, 1995).

O uso de nitrato de potássio ajuda a indução floral, tanto no que diz respeito à intensidade como à precocidade da floração. Na região Nordeste do Brasil, devido as altas temperaturas, deve-se evitar altas concentrações de nitrato de potássio para não ocorrer a queima das folhas. O nitrato de potássio vem sendo substituído pelo nitrato de cálcio, principalmente por razões fitopatológicas.

#### 2.2.2.4. Desenvolvimento do Fruto

De acordo com SÃO JOSÉ (1996), o desenvolvimento da manga é dividido em quatro estádios:

- a) **Juvenildade** ⇒ Fase de rápido crescimento celular, elevada atividade respiratória e baixa relação C/N;
- b) **Amadurecimento** ⇒ Fase caracterizada por taxa máxima de crescimento, aumento de compostos voláteis aromáticos, redução das taxas respiratórias e aumento da relação C/N;
- c) **Maturação** ⇒ Fase de ascensão climatérica, conteúdo médio de amido e alta relação C/N;
- d) **Senescência** ⇒ Período pós-climatérico, quando ocorrem redução do teor de sacarose, aumento de glucose e brusca elevação da relação C/N. Esses estádios podem ser representados graficamente em relação à curva de crescimento sigmóide do fruto, na

qual a juvenilidade corresponde à fase de crescimento exponencial, o amadurecimento à fase linear e a maturação ao final do crescimento e até o início da senescência. Essas alterações podem ser generalizadas, porém variações genéticas e edafoclimáticas afetam a duração dos estádios descritos. Um exemplo de variação genética são as cultivares *Alphonso* e *Haden*, as quais completam o desenvolvimento aos 90 e 105 a 115 dias, respectivamente, após a fecundação do óvulo.

Poucos são os trabalhos relatando as modificações bioquímicas durante o desenvolvimento da manga. No entanto, sabe-se que durante a permanência na planta, o acúmulo de amido é a principal atividade nos tecidos da polpa, cujo teor aumenta de 13 na antese para 15 % quando do completo desenvolvimento. Após a colheita esse amido é totalmente hidrolisado em oito dias.

Durante o desenvolvimento da manga os teores de açúcares redutores e totais, aumentam gradualmente, seguindo-se uma ligeira queda durante a maturação, enquanto os não-redutores permanecem mais ou menos constantes. Os teores de cinza decrescem, aumentando próximo à maturidade e os de fibra bruta permanecem estáveis. A acidez titulável aumenta com o desenvolvimento e cai na maturação e os teores de nitrogênio totais caem continuamente. Os teores de vitamina C da polpa e do fruto completo diminuem com o avanço da maturidade e os da casca aumentam. Porém, independentemente da temperatura de maturação, na manga madura os teores de vitamina C da casca também diminuem, ainda que menos acentuadamente do que na polpa.

Para condições de umidade mais ou menos constante, os sólidos solúveis totais, a acidez titulável e os teores de vitamina C e de pigmentos carotenóides de mangas maduras variam consideravelmente entre cultivares, sugerindo que as respostas metabólicas após a colheita podem variar, afetando a longevidade dos frutos das diversas cultivares.

Um processo fisiológico que tem sido usado para separar os frutos em grupo, é a respiração, a qual apresenta-se com dois padrões distintos: o climatérico e o não climatérico. A manga por enquadrar-se no primeiro caso, pode completar a maturação mesmo depois da colheita, o que leva de 3 a 8 dias, dependendo do grau de maturidade. É importante salientar que mangas colhidas muito jovens apresentam maturação anormal, no que se refere à consistência da polpa, teor de sólidos solúveis e coloração da polpa e casca.

## 2.2.3. Anatomia

### 2.2.3.1. Sistema Radicular

O sistema radicular da mangueira apresenta, via de regra, uma raiz primária muito longa, mesmo ainda na fase de muda. Quando a planta fica adulta, sob condições naturais, essa raiz desenvolve-se até encontrar o lençol freático, sendo que poucas raízes de sustentação se desenvolvem até este ponto. Depois da fase de alongamento, as raízes superficiais começam a se desenvolver formando uma densa malha, logo abaixo da superfície do solo.

De uma maneira geral as raízes da mangueira podem alcançar 5,5 metros em profundidade e 7,6 metros em distância lateral. À medida em que a planta fica mais velha, o sistema radicular tende a sofrer uma redução na densidade, chegando aos 18 anos a valores em torno de 1,2 metro de profundidade por 1,8 de distância lateral. Para o caso de mangueiras irrigadas no vale do rio São Francisco, alguns pesquisadores encontraram valores em torno 1,5 metro de profundidade e 1,5 metro de distância lateral. Outros estudos, na mesma região com a variedade P32 indicaram que a maior concentração de raízes absorventes encontra-se nos primeiros 60 centímetros de profundidade, com a máxima concentração nos primeiros 15 centímetros. SILVA (2000), trabalhando com a variedade *Tommy Atkins*, em Petrolina-PE, encontrou a maior concentração de raízes na profundidade entre 1,5 e 2,0 m.

Segundo RICHARDS (1983), as raízes dependem inteiramente das folhas da planta para o seu suprimento de carboidratos e estas dependem das raízes para o seu suprimento de água e de nutrientes minerais. As inter-relações entre as raízes, as folhas e as condições ambientais das raízes e das folhas, podem interferir de forma marcante na produtividade e na qualidade dos frutos.

Quando o suprimento de carboidratos não é um fator limitante, a taxa de crescimento das raízes das plantas depende de fatores ambientais, dos quais os mais importantes são: o impedimento mecânico do solo, a temperatura do solo, o potencial osmótico da solução do solo e o potencial matricial de água no solo (RICHARDS, 1983).

As conseqüências dos métodos de irrigação na distribuição do sistema radicular das culturas frutícolas é outro fator importante. O sistema radicular desenvolvido sob irrigação

por gotejamento depende de muitos fatores, destacando-se entre eles a natureza do solo, volume de solo molhado, quantidade de água aplicada, frequência de irrigação e características hidráulicas dos emissores. Em solos rasos, com areia subsuperficial a 0,60 m de profundidade, a irrigação por gotejamento condiciona o desenvolvimento de raízes apenas na camada superficial, confinada a uma largura molhada de 0,80 m. No entanto, quando esse mesmo solo é irrigado com aspersão, as raízes também ficam confinadas na camada superficial, porém o desenvolvimento lateral chega a 2,4 m (SOARES & COSTA, 1995).

SOARES *et al.*(s.d), em trabalhos realizados no submédio do Rio São Francisco, constataram que a textura do solo, a profundidade de camadas endurecidas e o lençol freático influenciaram o desenvolvimento do sistema radicular da mangueira, var. *Tommy Atkins*, com três anos de idade, em solos arenosos, em Curaçá-BA. Neste trabalho os autores verificaram que 70 % do sistema radicular encontra-se entre 60 e 120 cm, uma vez que na camada 0 a 30 cm, predomina areia grossa, enquanto que na camada 30 a 60 cm, predomina a areia franca. Como a capacidade de retenção de água tanto na areia grossa como na areia franca é baixa, o desenvolvimento do sistema radicular teve maior densidade nas camadas de solo com maior teor de argila, graças à ausência do lençol freático.

AVILAN & MENEZES (1979) também mostraram que a seqüência de textura ao longo do perfil de solo, exerce influência sobre a distribuição vertical e lateral do sistema radicular da mangueira. A irrigação por gotejamento pode proporcionar uma maior sensibilidade do sistema radicular à seca, devida a elevada densidade de raízes por unidade de volume de solo molhado.

CHOUDHURY & SOARES (1993), em estudo realizado em latossolo, com a cultura da mangueira, var. *Tommy Atkins*, irrigada sobcopa, em Petrolina-PE, constataram que 68 % das raízes de absorção e 86 % das raízes de sustentação localizaram-se na faixa horizontal de 90 – 260 cm em relação ao caule, e profundidade do solo de 0 a 120 cm. Na distribuição vertical, 65 % das raízes de absorção e 56 % de sustentação ocorrem na profundidade do solo de 0 – 60 cm.

O método de adubação também deve estar relacionado com o método de irrigação, tipo de solo, estágio fenológico da planta e distribuição do sistema radicular.



induzidas pela poda, são gemas florais. Com esta poda existe uma intensa floração. Vale salientar que a floração originada com a poda dos ramos terminais, embora mais intensa, promove a mesma formação de frutos que a floração dos ramos terminais que não foram podados. Como a floração do ramo podado consome muito mais energia (carboidratos, substâncias nitrogenadas, etc.) para sua formação, um manejo que promova a formação de ramos maduros para a época da indução floral resultará numa economia de energia para a planta. Esta energia poderá ser usada no crescimento dos frutos (CASTRO NETO, 1995).

PINTO (1994) observou que a poda e a indução floral podem ser usadas para reduzir o porte da mangueira e acelerar o processo de florescimento. A indução floral é de difícil manejo e de alto custo financeiro, porém, dá um excelente retorno econômico, visto que viabiliza a introdução do fruto nos mercados interno e externo na época desejada.

#### 2.2.4. Efeitos do Meio Ambiente

Estudos desenvolvidos pelo Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-árido-CPATSA, identificaram que as temperaturas amenas nos meses de junho, julho e início de agosto contribuem para uma fácil indução floral. Segundo alguns pesquisadores as temperaturas baixas paralisam o crescimento das mangueiras, induzindo-as a um período de dormência, que é de fundamental importância para o sucesso da floração.

Algumas literaturas sugerem o estresse hídrico para induzir a mangueira a florar, outras admitem que o estresse hídrico pode ser substituído por baixas temperaturas. O estresse deve ser aplicado de forma progressiva e rápida, com o cuidado de se deixar o lençol freático abaixo do alcance das raízes. Um tipo de estresse por afogamento das raízes também é usado em algumas situações, mas com o perigo de se provocar danos ao solo, gasto excessivo com água e doenças nas raízes (CASTRO NETO, 1995).

#### 2.2.5. Efeitos Hormonais

Dois fatores se destacam no processo da floração em mangueiras: os reguladores de crescimento vegetal e a reserva de carboidratos da planta, que geralmente é consumida pela safra produzida no ano em curso. Os reguladores de crescimento movem-se das folhas para as gemas axilares, para começar a iniciação floral. A Figura 01 mostra o esquema resumido de atuação dos principais hormônios e reguladores de crescimento na mangueira.

**AUXINAS:** Este hormônio normalmente é mais encontrado na fase de iniciação floral de gemas que durante o período de crescimento vegetativo dos ramos, por este motivo desponta como elemento muito importante na indução floral.

**GIBERELINA:** Níveis elevados de giberelina estão associados com a inibição ou retardamento da floração, estando presente em maior concentração nos ramos vegetativos do que nos ramos em floração. Na prática é costume se aplicar o ácido aminico para induzir a floração em mangueiras uma vez que este suspende a ação da giberelina.

**CITOCININA:** Este hormônio é bastante encontrado nos ápices dos ramos da mangueira, sendo associado á floração dos ramos. Os ramos em pré-floração apresentam maior quantidade de citocinina que os ramos que não estão em floração.

Em trabalhos realizados no CPATSA-PE, pesquisadores encontraram concentrações elevadas de citocinina na panícula e polpa da manga no período de 5 a 10 dias após a floração e decresceu rapidamente após este período ao passo que, na semente, as concentrações começaram a aumentar 10 dias após a floração e atingiram o máximo aos 40 dias.

**INIBIDORES:** Quantidades de inibidores semelhantes ao ácido abscísico têm sido encontradas em ramos de mangueiras. Suas concentrações são maiores no período de início da indução floral. Estes inibidores paralisam o crescimento da planta, favorecendo á floração.

**ETILENO:** Os diversos estudos realizados com o etileno sugerem que este hormônio interage com as substâncias de reservas e promove a indução floral.

O estresse hidrico, aplicado por excesso de água, paralisa o crescimento radicular e causa a formação do precursor do etileno, que é translocado para a parte aérea da planta e promove a floração.

### 2.2.6. Número de Frutos por Planta

Uma carga muito grande de frutos geralmente dificulta a indução floral na safra seguinte. Isto acontece não somente pelo esgotamento das reservas da planta, mas também por evitar a emissão de novos ramos que possam ter suas gemas diferenciadas na safra seguinte. Contudo, existem variedades que não apresentam dificuldade em florar, mesmo tendo uma boa carga na safra anterior.

Cada fruto da mangueira possui um certo número de folhas para alimentá-lo. Tem sido observado que 30 folhas não são suficientes para alimentar um fruto maduro. Por este motivo percebe-se que um número muito grande de frutos facilmente esgota as reservas das plantas. O crescimento inicial dos frutos é sustentado pelas substâncias de reservas e da fotossíntese ocorrendo durante o desenvolvimento dos frutos. Portanto, as substâncias de reservas são muito importantes. Plantas que conseguem sustentar sua carga sem esgotar as substâncias de reservas, provavelmente, serão facilmente induzidas a florarem novamente (CASTRO NETO, 1999).

Em condições normais, somente menos de 0,1 % dos frutos de flores hermafroditas se desenvolvem em frutos maduros. Mais de 90 % são abortados.

Além de doenças e contatos mecânicos, a deficiência nutricional é outro fator importante na queda de frutos, devido, principalmente, à competição entre eles. Degenerescência do embrião no estágio inicial de desenvolvimento dos frutos é outro fator que contribui para a abscisão dos frutos. Isto ocorre, invariavelmente, em frutos que são autopolinizados. Esta abscisão tem sido controlada com a aplicação de produtos químicos (CASTRO NETO, 1999).

### 2.2.7. Fenologia e Salinidade

#### 2.2.7.1. Fenologia

De acordo com LITZ (1997), o crescimento da mangueira e de outras plantas tropicais não é contínuo, mas de forma intermitente. Os brotos pequenos dos ramos apicais ou laterais são diferentes do resto dos ramos, antes de retornar do estado de descanso. Os períodos de dormência são geralmente curtos em plantas jovens, mas usualmente são os últimos meses da fase de brotação, em plantas maduras.

O crescimento vegetativo ocorre de três a quatro vezes por ano, em ramos individuais, dependendo da cultivar e das condições de desenvolvimento. Os brotos de crescimento vegetativo ocorrem em grupos de ramos terminais na seqüência dos ramos em seções isoladas do dossel. Observando-se de perto, percebe-se que geralmente os ramos de brotação são conectados em qualquer ponto comum do final do ramo. Estes ramos, não sincronizados, podem parecer contínuos em várias épocas do ano e em porções ao acaso do dossel (LITZ, 1997).

O brotamento das flores geralmente ocorre após extensos períodos de descanso dos ramos, em baixas latitudes tropicais, ou durante os meses frios de inverno nas altas latitudes tropicais e subtropicais. Como os brotos vegetativos, os brotos reprodutivos são usualmente sem sincronismos em climas tropicais. Nos subtropicais, entretanto, árvores expostas a baixas temperaturas de inverno, provocadas por fortes frentes frias, as quais baixam a temperatura noturna para cerca de 5 a 10 °C, exibem brotos de florescimento sincronizados em todo o dossel. Como resultado, subseqüentes brotos vegetativos tendem a ser sincronizados para um ou dois ciclos de crescimento, dependendo da presença de frutos. Passagens de invernos sem frentes frias intensas, provocam temperaturas noturnas na faixa de 10 a 18 °C, entretanto, resulta em brotos reprodutivos não síncronicos como é típico de árvores que se desenvolvem nos trópicos. Variações nos modelos de florescimento podem ser encontradas em qualquer cultivar, dependendo de sua idade e da época em que foi plantado, se no trópico seco ou úmido, ou no subtropical (LITZ, 1997).

#### 2.2.7.2. Tolerância à Salinidade

Segundo SCHAFFER & ANDERSEN (1994), a manga é considerada sensível às condições salinas, desenvolvendo queimadura nas pontas e nas margens das folhas, enrolando-as e, em alguns casos, reduzindo o crescimento, abscisão das folhas e morte das plantas. Altas concentrações de  $\text{Na}^+$  produz manchas necróticas nas folhas das plantas afetadas. SCHMUTZ LUDDERS (1993), demonstraram que o sal na água de irrigação (20 a 60 mM de  $\text{NaCl}$  ou  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) reduziram a área foliar de plantas em estudo, quando comparadas com plantas testemunhas. Eles concluíram que a salinidade afeta o crescimento das células durante o desenvolvimento das folhas e o ritmo ativo do meristema apical que é responsável pela fenologia e estrutura das plantas de manga. Eles mostraram, também, que

a salinidade reduz E nas plantas tratadas, com a taxa caindo quando o tempo de exposição à salinidade aumenta.

Existe considerável variação na tolerância de sal dentro de populações de mudas monoembriônicas, bem como entre mudas de diferentes cultivares poliembrionicas. KADMAN *et al.*(1963), irrigou mudas de variedades mono e poliembrionicas com água contendo aproximadamente 10 mM de  $Cl^{-1}$ . Logo que começou o tratamento a maioria das mudas começou a mostrar queimaduras das folhas que culminaram em completa degeneração das plantas, devido à toxicidade do sal. Entretanto algumas mudas não mostraram danos, ou somente pequenos efeitos. A maioria das mudas tolerantes ao sal foi dos cultivares poliembrionicos ou tipos relacionados. A análise das folhas mostrou que a concentração de  $Cl^{-1}$  nas mudas tolerantes (0,68 a 0,77 %) foi mais alta do que nas mudas susceptíveis (0,43 a 0,55 %). KADMAN *et al.*(1963), sugeriram que o mecanismo de resistência nas poliembrionicas é uma alta tolerância fisiológica dos tecidos das folhas ao  $Cl^{-1}$  ao invés do mecanismo seletivo que atua em outras espécies. Entretanto, SCHMUTZ LUDDERS (1993), concluíram que a “imediate” resistência ao sal das poliembrionicas, foi devido à exclusão dos ramos com  $Na^{+}$  acumulado nos vacúolos das células das raízes.

O crescimento de mudas de manga em altas condições de salinidade também afetou as concentrações, na folha, de outros nutrientes da planta. KADMAN *et al.*(1963), encontraram que as plantas tolerantes tiveram, nas folhas, menores níveis de  $K^{+1}$ ,  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  que as mudas susceptíveis à salinidade. Isto pode ter sido devido ao fator diluição, pois, desde então, as mudas tolerantes continuaram crescendo, enquanto que as mudas sensíveis foram severamente retardadas. Na Índia, tratamentos de plantas monoembriônicas com Na também diminuíram a concentração de nutrientes das folhas. Onde os solos foram salinizados com sulfato de sódio (condutividade elétrica de 2 a 10 mmhos  $cm^{-1}$ ), as taxas de  $P^{+5}$  e  $Mg^{+2}$  foram suficientemente reduzidas causando sintomas de deficiência nas folhas das plantas tratadas.

A pequena quantidade de informações sobre a resposta de manga à salinidade indica que a cultura é relativamente sensível ao sal, quando comparada com algumas outras frutíferas perenes. Existe a necessidade de se obter dados sobre quantidades limites críticas da salinidade do solo e da água aos quais a manga tolerará sem redução significativa na produção e qualidade do fruto.

### 2.2.8. Sistemas de poda

A poda consiste na eliminação de parte dos ramos vegetais e reprodutivos de uma planta visando uma forma e produção adequadas à finalidade desejada. Um método de poda deve levar em consideração as diferentes arquiteturas das cultivares, assim como as condições climáticas. A poda é um meio para a obtenção de um máximo de benefícios; a adubação, os tratos fitossanitários e as práticas culturais têm idêntica importância (ALBUQUERQUE *et al.*, 2002).

A poda adquire relevância quando se empregam sistemas modernos de alta densidade de plantio. A tendência atual é adaptar a planta a um espaço predeterminado e, assim, a vantagem real da condução da árvore por meio da poda somente será demonstrada quando as árvores não podadas alcançarem o estágio de sobreposição. Uma árvore não podada também encontra o seu equilíbrio, porém seus frutos vão estar mal distribuídos, afastados dos ramos principais, pouco coloridos e, muitas vezes, pequenos (SIMÃO, 1998; GALÁN SAUCO, 1999 e ALBUQUERQUE, 2002).

A prática da poda pode ter vários objetivos, entre eles facilitar a aeração e iluminação da copa para obter frutos coloridos e manter o bom estado sanitário da planta (COUNTANCEAU, 1971; MULLINS, 1986; SIMÃO, 1998 e ALBUQUERQUE, 2002).

A poda drástica retarda a frutificação. As funções reprodutivas e vegetativas são antagônicas; a frutificação é uma consequência da acumulação de carboidratos. Essa acumulação é maior nos ramos novos e finos do que nos velhos e grossos. A circulação rápida da seiva tende a favorecer o desenvolvimento vegetativo, enquanto a circulação lenta favorece o desenvolvimento dos ramos frutíferos. A seiva, devido à fotossíntese, tende a dirigir-se aos ramos mais expostos à luz do que aqueles submetidos à sombra.

Com relação ao equilíbrio, a poda deve manter a árvore dentro de um espaço já estabelecido, permitindo que todas as partes da árvore se desenvolvam harmonicamente e que a planta frutifique com regularidade (SIMÃO, 1998).

A poda de formação tem como objetivo dirigir o crescimento dos ramos, procurando orientá-los segundo uma forma predeterminada. Esta poda tem o propósito de dar às plantas uma forma ideal, com um número desejado de ramos, distribuídos numa altura conveniente. Significa formar uma planta com uma arquitetura caracterizada por uma copa com a parte interna aberta e um número desejado de ramos laterais. Essas características

têm vantagens, tais como a maior penetração da luz e do ar, a facilidade para os tratamentos fitossanitários e tornar as plantas menos vulneráveis aos ventos fortes, em especial durante a frutificação. A poda de formação proporciona à planta uma conformação compatível com o método de exploração e, pela redução do porte da árvore, facilita os tratos culturais do solo, o controle fitossanitário, a proteção contra queimaduras do sol e a colheita dos frutos, além de possibilitar aumento da densidade de plantio (ALBUQUERQUE *et al.*, 1999).

A poda anual ou de produção refere-se àquelas realizadas durante a fase produtiva da planta. Na maioria das vezes são feitas após a colheita. São elas: poda de limpeza, poda de levantamento da copa, poda lateral, poda de topo, poda de abertura central, poda de equilíbrio e poda de correção da arquitetura da planta (piramidal ou vaso aberto).

A poda pós-colheita deve ser realizada rigorosamente uma vez por ano e tem como objetivos obter material produtivo, ou seja, gemas apicais para produção no ano seguinte; eliminar um dos fatores de alternância, que é a falta de gemas maduras e produtivas no momento da floração; obter gemas homogêneas em idade e capacidade produtiva; eliminar material doente ou infectado, especialmente com *Fusarium* e *Botryodiplodia*; obter material bem localizado em relação à exposição ao sol, necessário para o amadurecimento das gemas e para o colorido dos frutos, além de obter árvores mais baixas, com copa mais adequada aos diversos manejos (ALBUQUERQUE *et al.*, 2002).

Quando a poda pós-colheita/limpeza não é feita, tem-se que esperar a brotação espontânea da planta, a qual pode demorar e inviabilizar a produção do ano seguinte. A poda pós-colheita deve ser realizada cortando todos os fluxos que produziram flores e frutos, ou não, com o objetivo de uniformizar o novo material em qualidade e quantidade; deve-se também eliminar o material do centro da copa para promover melhor iluminação, além dos galhos da parte baixa que perderam a função de sombreamento.

A poda de abertura da parte central da copa, também chamada de poda em vaso aberto, consiste em eliminar ramos que tenham um ângulo de inserção menor que 45°. Com isso, consegue-se uma maior iluminação interna, favorecendo a emissão de flores provenientes de madeira velha e aproveitando-se a tendência cauliflora da manga, consequência de dominância apical, causada por esta poda, que diminui o número de eixos verticais, favorecendo a diferenciação floral (GALÁN SAÚCO, 1999). Os ramos de maior diâmetro da planta, que tenham uma parte voltada para o sol poente, devem ser pincelados

com uma solução de água: cal (1:2) logo após a poda, a fim de evitar rachaduras provocadas pelo sol.

Na poda de correção da arquitetura procura-se definir determinada forma para as plantas, sendo as mais utilizadas as formas piramidal e vaso aberto. A poda piramidal é feita quando a planta tem alcançado o espaço disponível e necessita de uma poda de manutenção que permita conservar o máximo da superfície produtiva (GALÁN SAÚCO, 1999). Recomenda-se manter a árvore o mais próximo possível da forma piramidal, fazendo a poda logo após a colheita, seletivamente, cortando os brotos situados na parte alta da árvore até o primeiro nó (abaixo) e eliminando-se todos os brotos verticais.

Existem, ainda, outros tipos de poda como: poda para manejo da floração, que consiste na eliminação da brotação vegetativa ou eliminação da própria inflorescência e, a poda de renovação e rejuvenescimento. Estas são realizadas com o objetivo de controlar a produção de frutos.

Uma prática bastante usada no cultivo da mangueira é a desfolha. Esta prática tem como finalidade melhorar a capacidade produtiva da planta e a coloração dos frutos.

A função da poda praticada na parte interna da copa da árvore, para melhorar a iluminação, é alcançada pela eliminação de uma folhagem que consome ou gasta energia (respiração). Quando a folhagem é muito abundante, o sombreamento traz como consequência a existência de um material vegetal que atua de forma parasitária e que reduz a possibilidade de acumular reservas para a produção de frutos. A remoção de 15% a 20% da vegetação velha, incluindo ramos, com a finalidade de melhorar a disposição e o balanço da copa da árvore, produz uma melhora significativa na eficiência produtiva. Essa desfolha é feita por meio da poda praticada logo após a colheita. Após a segunda queda dos frutos é conveniente fazer uma desfolha nos ramos produtivos, deixando-se apenas os dois fluxos de folhagem mais próximos da infrutescência (ALBUQUERQUE *et al.*, 2002). A desfolha, para melhorar a coloração dos frutos, deve ser feita próximo à fase final da maturação, eliminando as folhas que os sombreiam. Essa prática deve ser feita com bastante cuidado, principalmente na parte da copa voltada para o poente, a fim de evitar a queima dos frutos.

### 2.2.9. Rendimento

Os rendimentos de um pomar de mangas variam consideravelmente segundo a variedade, a alternância maior ou menor de produção da variedade, o espaçamento adotado, o tamanho da safra anterior, o número de surtos vegetativos e época do ano em que são produzidos, as condições climáticas durante o período de florescimento, os tratamentos culturais e os tratamentos fitossanitários.

Condições climáticas, particularmente a temperatura nos meses de inverno e início da primavera, influenciam sobremaneira na época e intensidade de florescimento da mangueira. Esta época, por sua vez, conduz a uma estação cedo, normal ou tardia de maturação e, conseqüentemente, com uma variedade em particular, o pico de maturação pode ser atingido com uma variação de 3 a 4 semanas de um ano para outro. As mangueiras em culturas extensivas têm tendência para rendimentos mais baixos e são mais sujeitas a alternância que as de plantio em pomares caseiros. As mangueiras de pé franco (poliembriônicas) entram em produção do 4º ao 7º ano, enquanto as enxertadas podem produzir alguns frutos no 2º ano de plantadas no campo, no 3º ano produzem uma pequena safra e, no 4º e 5º anos, já podem produzir com segurança uma boa safra. Assim, a produção de frutos varia de ano para ano, de pomar para pomar e até de árvore para árvore dentro de um mesmo pomar (MEDINA, 1981).

De acordo com PIMENTEL (2000) o Brasil produz anualmente cerca de 600.000 toneladas de manga, em uma área cultivada de aproximadamente 62.000 ha. A maior produtividade média do mundo é a das Filipinas com cerca de 11,87 t/ha, enquanto que a do Brasil gira em torno de 9,6 t/ha.

No pólo de irrigação do submédio do Rio São Francisco, há cerca de 21.800 ha plantados com mangueira. A produção é escalonada, de modo que haja frutos durante a maior parte do ano, utilizando-se a indução floral. O pico de produção ocorre nos meses de outubro a dezembro. Parte da produção destina-se aos mercados europeu e norte-americano, mercados exigentes e, por isso, o pacote tecnológico adotado pelos produtores tem que satisfazer as exigências dos consumidores. O mercado avalia o produto impondo limites para a presença de hormônios, resíduos de pesticidas, além de qualidades vinculadas à aparência e ao sabor. A produtividade média obtida na região do Submédio São Francisco, é em torno de 18 toneladas de frutos por hectare, portanto, superior à média

nacional. No pólo de irrigação Mossoró-Açú-RN, a cultura da manga vem se expandindo por meio da adoção de tecnologias de manejo e recuperação de plantios mais velhos. O pacote tecnológico em uso na região é semelhante ao usado no Submédio São Francisco. A produtividade média é baixa (11 a 13 toneladas por hectare) comparada à do Submédio São Francisco, porém maior que as produtividades médias nacional e das Filipinas. As diferenças de produtividade são atribuídas à idade juvenil dos plantios, pois alguns ainda não atingiram a estabilidade de produção, ou à recuperação de plantios mais velhos que não estavam recebendo manejo adequado (SILVA *et al.*, 1998).

#### 2.2.10. Qualidade da Produção

A produção e qualidade de frutas da mangueira estão correlacionadas com cultivares, condições edafoclimáticas, tratos culturais, fitossanitários e condições nutricionais das plantas.

Estes fatores pré-colheita também vão influenciar no estágio que a fruta vai ser colhida, levando-se ainda em consideração os fins a que ela se destina, se para o mercado interno de frutas *in natura* ou para a agroindústria. Para cada um desses destinatários, são estabelecidas as exigências específicas no que se refere à qualidade pós-colheita.

O período envolvido da colheita ao consumo das frutas, é muito menor do que o ciclo de produção da cultura. Enquanto uma fruteira, para produzir frutos, pode levar vários anos, a duração do seu manejo pós-colheita pode ocorrer em uma ou poucas semanas. O aperfeiçoamento nas práticas do manejo pós-colheita diminui os riscos e proporciona maior retorno econômico.

No Brasil as perdas pós-colheita são freqüentemente mais severas do que as perdas de produção. Para se alcançar um bom desempenho na comercialização de frutas, a boa qualidade é fundamental para atender as exigências dos mercados alvos. Os fatores que afetam a qualidade pós-colheita são: fatores genéticos, fatores de pré-colheita, fatores durante a colheita, fatores pós-colheita e interação entre todos os fatores citados (PANTASTICO, 1975; KEYS, 1991).

O mercado externo é bastante exigente com relação ao padrão de qualidade dos frutos. Para melhorar as condições de aparência e conservação da manga fazem-se

necessários tratamentos especiais ou complementares, além de cuidados fotossanitários e outros procedimentos indispensáveis, tais como (GUERREIRO *et al.*, 2001):

- Aplicação de cera para melhorar a aparência e diminuir a taxa de transpiração dos frutos, reduzindo a perda fisiológica de peso;
- Embalagens especiais visando principalmente: proteger os frutos contra danos mecânicos, facilitar a dissipação dos produtos da respiração e ajustar às normas de manejo, tamanho e peso;
- Paletização padronizada e revestida com tela para proteção contra entrada de mosca-das-frutas;
- Pré-resfriamento dos frutos já paletizados até a temperatura de armazenamento ou transporte.

As vantagens comparativas do semi-árido nordestino para produção de frutas tropicais são grandes. Regiões produtoras de frutas temperadas, por exemplo, dependem do número de horas de frio para fixar a cor do fruto ou aumentar o conteúdo de açúcar. No semi-árido, o manejo de água mediante o uso de irrigação possibilita um controle quase que completo do processo.

Segundo CASTRO *et al.*, (1998) o que se observa na atualidade é uma interdependência muito estreita entre o que deve ser plantado e o que o consumidor elege para consumir, exigindo cuidado em todas as etapas do processo produtivo. Não se faz qualidade nas etapas posteriores sem que haja matéria-prima produzida, colhida e armazenada adequadamente.

Isso não vale só para frutas frescas. A adequação da matéria-prima para a indústria é também um fator decisivo para o sucesso agroindustrial. A matéria-prima destinada ao processamento industrial pode facultar alguns itens, como aparência e forma da fruta, porém não pode negligenciar as características básicas que vão determinar a qualidade e a padronização do produto, a exemplo da cor, rendimento industrial, teores de açúcar, etc.

#### 2.2.10.1. Fatores que Influenciam a Qualidade dos Frutos

As exigências de mercado num ambiente competitivo têm ensinado que o processo produtivo é um só desde o planejamento da produção até a sua viabilização no mercado. A vida útil pós-colheita da manga depende de vários fatores como: variedade, estado de

maturação durante a colheita, manejo durante a pós-colheita etc.. Em geral, quando o fruto é colhido em um estágio de maturação adequado e se faz um manejo correto na pós-colheita, que inclui pré-resfriamento e armazenamento, este poderá permanecer de quatro a seis semanas com boa qualidade. As melhores condições para o armazenamento de manga, dependendo da variedade e da região, são temperatura entre 10 e 12,8 °C e umidade relativa de 85 a 90% (YAHIA, 1997).

Entre os fatores que afetam a qualidade da manga, estão as condições de irrigação, insolação e nutrição adequadas à planta. Para que o fruto se desenvolva plenamente e acumule todas as reservas necessárias ao desenvolvimento das características de qualidade, incluindo a cor, é indispensável que sejam supridas todas as necessidades de água, nutrientes, sol e ar puro. A cor da casca influi no valor de mercado da manga, e é afetada pela exposição ao sol (os frutos mais expostos colorem melhor) e pelo nível de nitrogênio. Se o nível de nitrogênio for alto, durante o desenvolvimento do fruto, poderá haver comprometimento da cor, da sensibilidade à queima pelo látex e ao colapso interno (PIMENTEL *et al.*, 2000).

De acordo com YAHIA (1997), os frutos maduros na árvore geralmente mostram uma maturação não uniforme com uma baixa relação ácido/açúcar, além de uma baixa qualidade, ao contrário do processo de pós-colheita, o qual permite uma maturação uniforme dos frutos. Os frutos colhidos em estágio avançado de maturação não resistem ao manuseio inadequado e têm uma vida útil mais curta.

A temperatura é o fator mais importante durante a maturação da manga. A faixa ótima fica entre 20 e 22 °C (YAHIA, 1997). Uma temperatura de maturação entre 15 e 18 °C pode resultar em cor atrativa, porém não se obtém um sabor adequado. Frutas amadurecidas nesta temperatura, necessitam ficar em torno de 2 a 3 dias à temperaturas de 21 a 24 °C para alcançarem um sabor adequado. Uma temperatura de maturação de 27 a 30 °C resulta em um sabor intenso, porém a cor não se desenvolve adequadamente. As temperaturas acima de 30 °C dificultam o processo de maturação. A umidade relativa deve manter-se entre 90 a 95%. Frutas tratadas com etileno por 24 horas podem amadurecer de 5 a 9 dias e podem se manter com boa qualidade por uma semana à temperatura de 10 a 13 °C e 90% de umidade relativa.

A distribuição da luz dentro do dossel vegetativo afeta o crescimento e o desenvolvimento da planta. Quando os níveis de luz caem abaixo da quantidade requerida, ocorre redução na fotossíntese com efeitos no desenvolvimento da planta. Em muitas plantas frutíferas a floração, o tamanho e a cor do fruto são reduzidos quando baixos níveis de luz ocorrem devido ao fechamento do dossel vegetativo (JACKSON, 1980; FLORE, 1994; WHILEY and SCHAFFER, 1994). Existem, também, muitas publicações enfocando o efeito da luz no tamanho da manga.

Durante a maturação, os frutos sofrem grandes transformações físicas e químicas que representam um extenso espectro de processos degradativos simultâneos ou seqüenciais, conduzindo ao aprimoramento dos atributos de qualidade, notadamente da pigmentação, textura e *flavor* (TUCKER, 1993).

As mudanças de coloração durante o amadurecimento são avaliadas, pelo consumidor, pelo o aumento da doçura e outros atributos desejáveis. Na seleção a cor do fruto é, reconhecidamente, um importante critério de avaliação da qualidade e aceitabilidade por parte do consumidor. Dessa forma, a escolha, no ato da compra, recai sempre nos produtos mais coloridos. Entretanto, nem sempre há uma correlação direta entre cor e qualidade. Embora essas transformações de coloração sejam utilizadas como guia de maturidade, não são inteiramente confiáveis, por que sofrem influência de inúmeros fatores, além da maturidade. A exposição à luz solar, por exemplo, pode induzir o desenvolvimento de cor mais rapidamente em alguns frutos que em outros, na mesma árvore, embora ambos possam ter a mesma época de formação.

A cor também é um importante atributo de qualidade nos produtos destinados ao processamento. Na indústria, a intensidade de cor dos sucos é importante. Algumas variedades, embora apresentem características de sabor e aroma ideais, podem apresentar suco fracamente colorido. Do mesmo modo, também podem ocorrer modificações na pigmentação do suco com a estação de colheita. A uniformidade do grau de maturação pode interferir na coloração dos produtos industrializados. Uma proporção elevada de frutos verdes pode conferir coloração marrom, indesejável no produto final (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Durante a maturação, a cor da casca muda gradualmente de verde para avermelhado/amarelado. Algumas cultivares desenvolvem uma coloração avermelhada

brilhante que tem sido atribuída a antocianinas, enquanto outras, retêm uma maior proporção de cor verde, embora estejam completamente maduras. Na cultivar *Tommy Atkins*, observa-se uma rápida destruição de clorofila, sendo a clorofila **a** preferencialmente degradada em relação à clorofila **b** (MEDLICOTT, REYNOLDS & THOMPSON, 1986). Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990), a coloração dos frutos está diretamente ligada à presença dos pigmentos: clorofila, carotenóides, antocianinas e em alguns frutos as antoxantinas.

A clorofila é abundante nos produtos de cor verde, principalmente em folhas e frutos jovens. A perda de cor verde deve-se à decomposição estrutural desse pigmento, em decorrência de vários fatores que atuam isoladamente ou em conjunto. Dentre eles podem ser citadas as transformações no pH, causadas principalmente pelo acúmulo de ácidos orgânicos e outros compostos nos vacúolos das células: ativação da enzima clorofilase e presença de sistemas oxidantes.

Os carotenóides são, em geral, pigmentos de cor amarela a laranja, predominantes em frutos cítricos, manga, mamão e abacaxi. Encontram-se como carotenos ou como ésteres de xantofila, sendo a intensidade de cor dependente da quantidade e do tipo de pigmento presente. Os carotenóides podem também apresentar coloração vermelha, como no caso do licopeno, principal pigmento do tomate. Os pigmentos carotenóides podem já estar presentes, tornando-se visíveis com a degradação da clorofila ou podem ser sintetizados, simultaneamente, com a degradação desta. Em tomates, há uma intensa degradação de clorofila durante o amadurecimento, com síntese gradual do licopeno.

A síntese de carotenóides, em mangas, provém da mesma via biossintética estabelecida em outras espécies, e cerca de dezesseis diferentes hidrocarbonetos e oxicarotenóides foram identificados, sendo que o  $\beta$ - caroteno predomina no fruto totalmente maduro. Teores de antocianina (peonidina-3-galactosídeo), também foram detectados em algumas cultivares (SALUNKHE, BOCLIN & REDDY, 1991).

MODI, REDDY & SHAH (1965) e MATTOO MODI REDDY (1968), apresentaram evidências sobre o papel do ácido mevalônico e do geraniol na carotenogênese em mangas. Como na casca, a síntese de carotenóides na polpa é acompanhada por mudanças na estrutura dos plastídeos. As estruturas tubulares visíveis nos plastídeos de frutos verdes são perdidos com o amadurecimento do fruto, enquanto

glóbulos osmofílicos aumentam em tamanho e em número (PARIKH, NAIR & MODI, 1990). O teor de carotenóides em mangas da cultivar *Tommy Atkins* é superior a 5000 µg / 100 g de peso fresco (MEDLICOTT, REYNOLDS & THOMPSON, 1986). As cultivares indianas também atingem o máximo de desenvolvimento da cor no período coincidente com a maturidade comestível (SELVARAJ & KUMAR, 1989).

WAINRIGHT & BURBAGE (1989), relatam que mangas afetadas com tecido esponjoso, apresentam teores reduzidos de carotenóides e β-caroteno. Entretanto, estas determinações têm dado pouca indicação ou possíveis soluções para se determinar a causa das desordens em mangas.

A temperatura e o fotoperíodo durante o desenvolvimento e amadurecimento influenciam tanto a velocidade quanto a extensão das modificações de cor do fruto. Mangas oriundas de regiões tropicais são mais ricas em pigmentos (β-caroteno). Temperaturas entre 5 e 10 °C inibem a completa síntese de carotenóides, e acima de 30 °C, favorecem o acúmulo de β-caroteno (MEDLICOTT, REYNOLDS & THOMPSON, 1986).

Além da clorofila e dos carotenóides, ambos solúveis em gorduras, todos os demais pigmentos encontram-se na seiva vacuolar das células, em sua maior parte na forma de glicosídeos e compreendem dois grupos principais: as antocianinas e as antoxantinas.

Em alguns frutos decíduos, que contêm antocianinas na casca, a síntese desses pigmentos encontra-se sob controle luminoso, no qual tanto a intensidade como a qualidade da luz são requeridos. Em outros frutos e naqueles coloridos internamente, a energia luminosa direta é desnecessária. A síntese também é controlada pela temperatura. O declínio ou aumento progressivo da temperatura pode reduzir a capacidade de síntese.

As antoxantinas correspondem a diferentes tipos de compostos flavonóides, que contribuem pouco para a coloração, exceto quando sofrem oxidação, produzindo escurecimento dos tecidos. Normalmente a cor dos frutos é determinada geneticamente e o avermelhado é geralmente mais desenvolvido nas cultivares monoembriônicas, enquanto que os frutos de cultivares poliembriônicas permanecem verdes ou amarelos, quando maduros. A coloração dos frutos maduros ocorre parcialmente devido a antocianina a qual se desenvolve quando os tecidos são expostos à luz. Embora este assunto esteja sendo estudado em frutos de outras culturas, os níveis de luz necessários para a coloração da manga não têm sido quantificados. Estudos na Austrália com a cultivar Kensington,

poliembriônica, apresentaram a cor vermelha, somente no lado do fruto exposto à radiação solar, indicando que a posição do fruto na planta tem efeito significativo no desenvolvimento da cor, devido as diferenças na penetração da luz dentro do dossel vegetativo, durante o desenvolvimento do fruto (SCHAFFER *et al.*, 1994). A intensidade do vermelho foi maior nos frutos do lado leste da árvore, seguidos pelos frutos do lado sudeste e norte da planta. Esta informação estabelece um importante conceito com respeito ao regime de luz, mas não quantifica os níveis de luz absolutos requeridos pela antocianina, para a mesma se desenvolver. Outras pesquisas são necessárias para estabelecer parâmetros fisiológicos a partir dos quais estratégias de podas e manejos de pomares possam ser desenvolvidas (LITZ, 1997).

A coloração dos frutos pode ser avaliada por métodos subjetivos ou objetivos.

Para a avaliação subjetiva são estabelecidos padrões de cor, baseados em intensidades e nuances perceptíveis ao olho humano. Cartas com padrões e cores são utilizadas para a classificação visual de muitos produtos quanto ao seu grau e maturação, como por exemplo para tomate, abacaxi, banana, maçã, entre outros.

Os métodos objetivos mais modernos utilizam instrumentos que medem a quantidade e a qualidade da luz refletida pela superfície do produto. Também são utilizados equipamentos com células fotoelétricas para seleção de cores, as quais são separadas em diferentes classes: do verde ao amarelo (limões), do verde ao laranja (laranjas) ou diferentes tons ou qualidades do vermelho (maçãs). A seleção é realizada por medições da luz refletida pelo produto, sendo o mecanismo de separação ativado pela quantidade e qualidade da luz recebida.

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990), a coloração interna dos frutos pode ser avaliada por técnicas não destrutivas, através de medições periódicas do decréscimo do conteúdo de clorofila, durante o amadurecimento. Também podem ser avaliadas as transformações internas nos pigmentos carotenóides e antocianinas. Neste processo são utilizados métodos que fazem medições da densidade ótica em dois comprimentos de onda, computando-se a diferença entre elas. A medida dupla de densidade ótica fornece um número que é função da composição do produto. Um método moderno é o que utiliza o retardamento de emissão da luz pelo produto, o qual se baseia no fato da amostra iluminada rapidamente com luz incandescente, emitir luz, quando a fonte de

iluminação é removida. A quantidade da luz emitida se correlaciona com a quantidade de clorofila que, por sua vez, se correlaciona com a maturidade.

De acordo com a Comissão Holandesa de Irradiação Vegetal, os comprimentos de ondas entre 400 e 1000 nm exercem forte efeito nas atividades fotossintética e fotoperiódica das plantas, no controle da floração e coloração dos frutos, além de alguns comprimentos serem fortemente absorvidos pelos pigmentos amarelos (MOTA, 1977).

A cultivar *Tommy Atkins* apresenta árvores vigorosas, com copa densa e arredondada e produção regular. Os frutos são grandes, (com até 13 cm de comprimento e 580 g de peso médio), de forma oval-oblonga, ápice largo e arredondado, e inserção do pedúnculo levemente saliente. Quando maduros, apresentam casca de coloração arroxeado-púrpura, com marcante cerosidade e cor básica amarelo-alaranjado, com manchas vermelhas que variam do claro ao escuro e que podem cobrir a maior parte da superfície. A casca é lisa, brilhante, grossa e resistente a danos mecânicos, apresentando lenticelas esparsas e bem visíveis. A polpa é de coloração amarelo-médio a escuro, com textura firme, decorrente das fibras finas e abundantes, sendo o sabor muito suave e doce. A semente é pequena, perfazendo cerca de 8% do peso do fruto. A maturação é de meia-estação, (novembro – dezembro), sendo suscetível ao colapso interno do fruto (DONADIO, 1980; DONADIO *et al.*, 1982).

Os sólidos solúveis totais (SST) têm sido utilizados como índice de maturidade para alguns frutos e indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco. De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990), o teor de açúcares normalmente constitui 65 a 85% do teor de sólidos solúveis totais. Estes são comumente designados como °Brix, e têm tendência de aumento com a maturação. Em manga, os sólidos solúveis são representados por uma alta proporção de açúcares, os quais aumentam após a colheita, devido principalmente à hidrólise do amido acumulado durante o crescimento do fruto na planta (RUIZ & GUADARRAMA, 1992). O alto valor do °Brix em mangas é muito importante, tanto para a indústria, porque reduz a quantidade de açúcar a ser adicionada (RODRIGUES *et al.*, 1977), como para o mercado interno de frutas frescas, que ao contrário dos consumidores externos, preferem frutos mais doces (SOUZA *et al.*, 1984). Os teores de sólidos solúveis para frutos maduros de diversas cultivares de manga variaram de 6,6 a 24,0 °Brix ( BLEINROTH *et al.*, 1976; KATO *et al.*, 1976; LAKSHMINARAYANA,

1976; PINTO & GENÚ, 1981); SILVA, 1985; MEDLICOTT *et al.*, 1988; MORAES, 1988; SIQUEIRA *et al.*, 1988; e FONSECA *et al.*, 1994).

RAJAN & LAL (2002), estudando a distribuição de frutos de manga em várias posições no dossel, encontraram que frutos desenvolvidos sob condições de radiação (SRF) menor que 0,25, registraram menores teores de sólidos solúveis totais (SST) (20,47 °Brix) e pobreza de cor, comparados a frutos expostos, enquanto que para SRF maior que 0,75 os SST aumentaram para 24,83 °Brix. Analisados através do método “L”, “a” e “b”, os frutos desenvolvidos com SRF entre 0,25 e 0,90 apresentaram maiores valores de “L” que representa a luminosidade da superfície da casca dos frutos.

OLIVEIRA *et al.*, (2002) analisando o comportamento reflectivo do mamão papaia (Golden), observaram que entre 520 e 700 nm, que compreende o verde, amarelo, laranja e o vermelho, existe uma maior amplitude de reflectância entre os estádios de maturação, notadamente para a faixa entre o amarelo e o alaranjado (580 - 595 nm) e (595 - 620 nm). Isto significa dizer que os valores de “L”, “a” e “b” e a reflectância da casca dos frutos nestas faixas de radiação podem ser utilizados para definir diferentes estágios de maturação do papaia “Golden” nos estágios de maturação 2; 3; 4 e 5.

A acidez total titulável (ATT) e o pH são os principais métodos usados para medir a acidez de frutos. Enquanto o primeiro determina o percentual de ácidos orgânicos, o segundo mede a concentração hidrogeniônica da solução.

Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990), os ácidos orgânicos nos frutos, não só contribuem para a acidez, como também para o aroma característico, porque alguns componentes são voláteis e o teor desses ácidos diminui com a maturação, como consequência da respiração ou de sua conversão em açúcares.

RIBEIRO FILHO (1997), cita que vários pesquisadores trabalhando com diferentes cultivares de manga, encontraram valores de acidez total titulável entre 0,7% e 3,7% para frutos em estágio inicial de maturação e 0,1% a 0,8% para frutos maduros. De acordo com RUIZ & GUADARRAMA (1992), a redução da acidez total titulável durante o amadurecimento influencia a redução açúcar/ácido e, conseqüentemente, o sabor e o aroma dos frutos quando maduros. Com base nisto, COELHO & CUNHA (1982) afirmam que a relação SST/ATT é o parâmetro mais importante para avaliar a maturação de frutos.

Diversos pesquisadores determinaram a taxa de SST/ATT em manga encontrando valores que variam entre 19,0 e 142,3. (SAMPAIO & RODRIGUES, 1982; ZANINI JÚNIOR *et al.*, 1987; SIQUEIRA *et al.*, 1988 e FONSECA *et al.*, 1994).

A manga é considerada um fruto ácido, com a maioria das cultivares apresentando valores de pH abaixo de 4,5 (RIBEIRO FILHO, 1997). Contudo, durante o amadurecimento dos frutos, há uma diminuição da acidez e, conseqüentemente, elevação do pH, sendo os maiores valores observados em frutos fisiologicamente mais desenvolvidos e amadurecidos naturalmente, quando comparados àqueles climatizados (BLEINROTH *et al.*, 1976; MAIA *et al.*, 1986; SIQUEIRA *et al.*, 1988; SIQUEIRA & VARGAS RAMOS, 1989).

### 2.3. Radiação Solar

O desenvolvimento social, econômico e cultural de uma sociedade depende da disponibilidade de fontes de energia em quantidade e qualidade suficientes para suprir suas necessidades. Essa relação de dependência, embora não seja determinante, se constitui em condição necessária ao desenvolvimento.

O sol emite radiação em praticamente todos os comprimentos de onda, embora 99,9 % da energia vinda do sol se situe na faixa de comprimento de onda compreendida entre 0,15 e 4,0  $\mu\text{m}$ , por isto mesmo conhecida como domínio da radiação solar. Dentro desse intervalo, cerca de 52 % da radiação solar que atinge a superfície da Terra está na faixa espectral do infravermelho, 44 % no visível e 4 % no ultravioleta (LEMON, 1965).

A radiação solar é o mais importante elemento para os processos ecológicos, tais como evapotranspiração e fotossíntese, que controlam a distribuição, tipo e fisionomia da vegetação terrestre. A quantidade de radiação que chega à superfície do solo depende do ângulo de elevação do Sol e das condições atmosféricas, além da estrutura do dossel. A radiação solar incidente sobre uma comunidade vegetal pode influenciar cumulativamente a utilização de água, armazenagem de açúcar, crescimento das plantas e atuar diretamente sobre a temperatura dos elementos do dossel vegetativo, que por sua vez governam as taxas dos processos bioquímicos. Da radiação total que chega sobre uma superfície vegetada, uma parte é imediatamente refletida, outra parte é transmitida e o restante absorvida pelas plantas. Os percentuais de radiação absorvida, refletida e transmitida

diferem de dossel para dossel vegetativo, visto que cada comunidade vegetal tem suas peculiaridades. Entre os fatores específicos destacam-se: as condições para a penetração de luz; altura e distribuição das plantas; inclinação, tamanho e coloração das folhas; além das condições de exposição e tipo de solo (LEITÃO, 1994).

A radiação absorvida é um dos principais componentes responsáveis pelo aquecimento da planta, juntamente com a radiação térmica do solo e da atmosfera. Da radiação absorvida, uma pequena fração resulta da reflexão pelo solo. Segundo GATES (1965) as plantas absorvem cerca de 60% da radiação de ondas curtas incidente e 97% da radiação de ondas longas.

### 2.3.1. Radiação de Onda Curta

Quanto à distribuição espectral da radiação solar, mais de 99,9% da energia está contida na faixa de comprimentos de onda entre 0,3 e 4  $\mu\text{m}$ . Devido a esses pequenos comprimentos de onda, essa radiação é denominada de onda curta. A radiação de ondas curtas é aquela de comprimento de onda na faixa de 0,15 a 4,0  $\mu\text{m}$ . Na prática, as medidas de ondas curtas na superfície são representadas por medidas de radiação global, que compreende duas componentes: radiação direta e radiação difusa.

Segundo LEITÃO (1994), em virtude da inexistência de observações de radiação solar em muitos pontos da superfície, bem como das dificuldades encontradas para estas medidas, muitos modelos matemáticos têm sido desenvolvidos visando estimar as radiações solar global, direta e difusa, que tomam como base outros parâmetros meteorológicos, dentre os quais destacam-se: PEREZ *et al.*, (1990); BEYER *et al.*, (1991); GOPINATHAN, (1992); SATYAMURTY, (1992); entre outros. A maioria dos modelos usados para este fim, adota o método de Angstrom. Segundo MARTINEZ-LOZANO *et al.* (1984), mais de 120 trabalhos analisados que se baseiam na formulação de Angstrom apresentaram uma grande variação nos coeficientes **a** e **b**, resultante principalmente da variabilidade das condições atmosféricas. FOSTER *et al.* (1986) citados por LEITÃO (1994) verificaram que as observações visuais de nuvens à superfície tendem a superestimar a cobertura de nuvens e que os heliógrafos não são sensíveis à presença de nuvens cirrus.

DAVIES E MCKAY (1989) citados por LEITÃO (1994), ao analisarem 12 modelos que estimam a radiação solar em superfícies horizontais, desde os mais simples até aqueles

mais complexos, que levam em consideração o fator de turbidez de Linke e o espalhamento óptico de Rayleigh, concluíram que os modelos que levam em consideração a cobertura de nuvens, apresentaram as melhores estimativas e que estes podem ser usados com sucesso mesmo quando as informações sobre a camada de nuvens não são completas. Porém, muitas críticas têm sido feitas com relação à precisão destes modelos, especialmente àqueles que estimam a radiação global em função da razão de insolação. Entre os fatores que contribuem para a imprecisão destes modelos destacam-se: a falta de padronização das fitas heliográficas e a demora para ocorrer a queima, quando estas absorvem umidade, podendo resultar em erros significativos nas observações com heliógrafos.

Na prática, raramente dispõe-se de instrumentos para medida direta da radiação de ondas curtas à superfície do solo. Entre os modelos propostos para estimar a radiação à superfície, o mais usado tem sido o modelo de Angstrom modificado por PRESCOTT (1940), o qual toma como base a razão de insolação e a radiação no topo da atmosfera.

LEITÃO *et al.* (2000), trabalhando com solo descoberto em Mossoró-RN nos anos de 1998 e 1999, encontrou valores extremos para a radiação global de  $1100 \text{ W.m}^{-2}$  na primavera e  $880 \text{ W.m}^{-2}$  no outono. No mesmo trabalho o autor cita que, em termos médios, a radiação incidente no inverno, verão e outono corresponderam, respectivamente, a 86%, 90% e 84% da radiação incidente na primavera.

FERREIRA *et al.* (2001), trabalhando nos meses de novembro e dezembro de 1999 com a cultura do meloeiro em Carnaubais-RN, registrou valores médios diários próximos a  $22,4 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  para a radiação incidente. LEITÃO *et al.* (2001) encontrou valores de radiação incidente em torno de  $24,8$  e  $21,7 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  para período seco e chuvoso, respectivamente, sobre dossel vegetativo de algarobeira em Serra Negra do Norte-RN. SOUZA *et al.* (2001), ao medirem a radiação incidente em três períodos diferentes sobre a cultura do melão em Carnaubais-RN, obtiveram valores médios diários de  $281,8 \text{ W.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ,  $226,9 \text{ W.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  e  $158 \text{ W.m}^{-2}.$

### 2.3.1.1 Radiação Ultravioleta (UV)

A radiação ultravioleta emitida em grande quantidade pelo sol tem um efeito nocivo sobre os seres humanos e microrganismos; entretanto, é bastante atenuada pela camada de ozônio atmosférico antes de atingir a superfície terrestre. Esta faixa pode ser subdividida

em ultravioleta próximo (0,3 a 0,4  $\mu\text{m}$ ) e ultravioleta distante ( $< 0,3 \mu\text{m}$ ) (VAREJÃO-SIVA, 2000).

As radiações ultravioletas são absorvidas nas camadas superiores da atmosfera pelo oxigênio e principalmente pelo ozônio que funcionam como protetores naturais, já que os raios ultravioletas são nocivos aos seres vivos. Esses efeitos podem ser observados nas montanhas de elevadas altitudes onde as queimaduras da pele ocorrem de forma grave.

A maior parte das plantas ainda não foi testada quanto aos efeitos de um aumento da UVB, mas das 200 espécies analisadas até 1988, dois terços manifestaram algum tipo de sensibilidade. A soja, por exemplo, apresenta uma redução de 25% na produção quando há um aumento de 25% na concentração de UVB. Já foi constatado também que rebanhos apresentam um aumento de enfermidades oculares, como conjuntivite e até câncer, quando expostos a uma incidência maior de UVB.

Como o ozônio apresenta importante papel em bloquear a radiação ultravioleta, qualquer redução na ozonoesfera afeta o nível de radiação ultravioleta incidente na superfície da Terra, a qual trará conseqüências significativas à saúde humana e à produção biológica (ZIGMA, 1977). Pesquisas têm mostrado que a radiação solar que chega ao nível médio do mar mostra a ausência quase completa de energia ultravioleta ( $\lambda < 32 \mu\text{m}$ ), absorvida pelo oxigênio e pelo ozônio na atmosfera superior. O oxigênio também absorve a radiação em torno de 0,69 e 0,76  $\mu\text{m}$ ; o ozônio tem uma pequena faixa de absorção centrada em 9,5  $\mu\text{m}$ .

De acordo com GATES (1980), a radiação ultravioleta que chega à superfície do solo é muito pouca, sendo as maiores intensidades desse fluxo observadas em lugares altos como topos de montanhas, onde o nível pode chegar a 9% da radiação global.

ASSUNÇÃO (1997), em Piracicaba – SP, durante os meses de junho e dezembro de 1983, encontrou, em média, uma densidade de fluxo ultravioleta à superfície equivalente a 10,4% da radiação solar global, independentemente das condições atmosféricas. Também afirma que para situações parciais pode-se estimar UV, fazendo-se uma média entre dias de céu limpo e céu nublado, e que é possível estimar diariamente a densidade de fluxo da radiação ultravioleta (UV) em função da radiação extraterrestre, da razão de insolação e da radiação solar global, dependendo somente dos dados de melhor acesso para a estimativa.

ZAVODSKA (1984) encontrou, para dia de céu claro, valores de UVA variando entre 4 e 7% da radiação solar global, enquanto que para dias nublados esses percentuais caíram para 3 a 5%. Segundo NUNEZ *et al.* (1994) a fração UV pode diminuir de 8 a 11% em condições de nebulosidade.

### 2.3.1.2 Radiação Visível (PAR)

De acordo com IQBAL (1983), 95 % da radiação emitida pelo sol é na faixa de comprimento de onda entre 0,3 e 2,4  $\mu\text{m}$ ; 1,2 % na faixa  $< 0,3 \mu\text{m}$  e 3,6 % no comprimento de onda  $> 2,4 \mu\text{m}$ . Somente os comprimentos de onda compreendidos entre 0,39 e 0,77  $\mu\text{m}$  podem ser detectados pelo olho humano, constituindo a faixa visível do espectro eletromagnético.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) é a faixa de radiação que as plantas usam para realizar importantes processos, como a fotoconversão, fotoxidação e fotossíntese. A ecosfera recebe radiação solar com comprimentos de onda variando de 0,29 a 3,0  $\mu\text{m}$ . Cerca de 40 a 50% dessa energia está na faixa que vai de 0,38 a 0,78  $\mu\text{m}$ . Essa faixa tem o seu extremo inferior no ultra-violeta e o extremo superior no infravermelho (OMETTO, 1981).

Conforme LEITÃO (1994), a transmissão da radiação através das folhas é fortemente dependente do comprimento de onda. Os principais pigmentos absorvedores de radiação nas folhas são as clorofilas **a** e **b** e os carotenóides, que absorvem cerca de 80 a 90 % da radiação de comprimento de onda entre 0,36 e 0,74  $\mu\text{m}$ , que representa o campo fotossinteticamente ativo (PAR); entretanto, absorvem apenas cerca de 20 % da radiação infravermelha. A fração da radiação rejeitada pelas folhas é de natureza difusa e distribuída igualmente pela transmissão e reflexão. Em resumo, a absorção de radiação é alta na região visível do espectro, onde a energia é necessária para a fotossíntese. Na faixa espectral de 0,7 a 1,1  $\mu\text{m}$ , onde grande parte da energia do espectro solar está concentrada, a absorção é bastante baixa.

A fotossíntese é o processo fundamental que supre a comunidade de plantas com energia e carbono para a produção de biomassa. Este processo está associado à interceptação da parte visível da radiação solar incidente (PAR) pelos órgãos da planta que contêm clorofila, principalmente as folhas. A luz interceptada é convertida em matéria seca

via fotossíntese e processos metabólicos. A radiação fotossinteticamente ativa, é quem excita as moléculas de clorofila e dá início ao fluxo de energia requerida na fotossíntese (McCREE, 1972).

As análises de conversão de luz propostas por MONTEITH (1977) e WARREN-WILSON (1981) têm freqüentemente produzido uma relação linear entre radiação interceptada acumulada e produção de matéria seca (SILVAKUMAR & VIRMANI, 1984; CANNEL *et al.*, 1987). Segundo BRITTON & DODD (1976) e LEITÃO (1994), da radiação solar que chega à superfície da Terra, em média apenas 44 % corresponde à radiação visível (PAR). As folhas mostram uma absorção preferencial pela radiação de comprimentos de onda entre 0,36 e 0,74  $\mu\text{m}$ , o campo fotossinteticamente ativo. A radiação solar no comprimento de onda de 400 a 700  $\text{nm}$ , que excita moléculas de clorofila e que dá início ao fluxo de energia requerida na fotossíntese, é denominada radiação fotossinteticamente ativa – PAR (McCREE, 1972).

SANTOS (2001), na Reserva Florestal de Caxiuanã – PA, analisando um período de 30 dias, verificou que a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) quando estimada em função da radiação solar global incidente ( $R_g$ ) apresentou  $R^2 = 0,99$ , sendo a radiação PAR média, no período analisado, 43% da radiação solar global.

Para a Depressão Central do Rio grande do Sul, PANDOLFO (1995) obteve valores médios de 43,4% para a radiação fotossinteticamente ativa em relação à radiação solar global. FRANÇA (1997) obteve uma média de 42% para a razão PAR/ $R_g$ . PEREIRA (1982) trabalhando com ângulos de elevação solar superiores a 20° e em condições de céu claro, encontrou uma razão PAR/ $R_g$  de 46%.

FRANÇA (1997), no município de Eldorado do Sul (RS), não observou variação da razão PAR/ $R_g$  em diferentes horários durante o dia, embora PANDOLFO (1995) tenha encontrado diferenças neste sentido. MEEK *et al.* (1984) afirmaram que a fração de PAR em relação a  $R_g$  é maior próximo ao nascer do sol e menor nos horários em que o sol encontra-se próximo ao zênite. ALADOS *et al.* (1996), na análise dos valores horários, ajustaram um modelo diário onde os menores valores da razão entre o fluxo de fótons fotossinteticamente ativos e o espectro total da  $R_g$  ocorreram em torno do meio-dia. ASSIS & MENDES (1989) ajustaram a equação  $\text{PAR} = -0,93 + 2,23 R_s$ , com um coeficiente de

correlação de 0,987, para o período de dezembro de 1982 a novembro de 1983, em Pelotas (RS).

SZEICZ (1974) encontrou, para dias claros, com ar seco, uma proporção de 50% no verão, e 46% no inverno. KARALIS (1989) observou, para Atenas, uma média anual de 45% da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em relação à radiação global (Rg). LEITÃO (1994), trabalhando na floresta Amazônica, encontrou percentual médio em torno de 51% para a relação PAR/Rg. Em estações meteorológicas a PAR é rotineiramente estimada como uma proporção constante do espectro total de Rg, representando, em média, cerca de 50% da mesma (VAN HEEMST, 1986).

### 2.3.1.3. Radiação Infravermelha (IR)

A radiação infravermelha que compreende cerca de 50% da energia emitida pelo sol, é a faixa do espectro solar cujo comprimento de onda está compreendido entre 0,77 e 1000  $\mu\text{m}$ . Esta faixa subdivide-se em infravermelho próximo que vai de 0,77 a 30  $\mu\text{m}$ , e infravermelho distante que se estende de 30 a 1000  $\mu\text{m}$ .

CHANG (1968) afirma que radiações com comprimento de onda superior a 0,72 $\mu\text{m}$  interferem na alongação, floração, coloração dos frutos e germinação das sementes. Segundo FELIPPE (1979), as sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) quando submetidas a energia radiante de comprimento de onda em torno de 0,73  $\mu\text{m}$ , têm a germinação inibida. Esta inibição é sustada quando as mesmas sementes são expostas à radiação com cerca de 0,66  $\mu\text{m}$  de comprimento de onda.

De acordo com VAREJÃO-SILVA (2000), 52% da radiação solar que atinge a superfície da Terra está na faixa espectral do infravermelho. A radiação infravermelha é em parte absorvida pelo vapor d'água e gás carbônico atmosférico. Quando há uma situação de nebulosidade total, o caráter do espectro muda completamente, o extremo infravermelho é em grande parte absorvido pelo vapor d'água e o extremo ultravioleta é completamente dispersado.

A radiação infravermelha penetra na pele, onde é absorvida pelos tecidos e espalhada pela circulação do sangue. Existem aparelhos especiais que permitem ver um objeto pela detecção da radiação infravermelha que ele emite. Um exemplo prático é dado pelo sistema de alarme infravermelho: qualquer interrupção de um feixe dessas radiações

ocasiona a criação de um impulso elétrico no detector de controle, ligando o alarme. Esse sistema é usado também nas portas de elevadores para evitar que elas se fechem sobre as pessoas.

Hoje, na agricultura moderna, o uso da termometria infravermelho permite até o controle da irrigação, graças à determinação do estresse hídrico das plantas em função do relacionamento deste com a temperatura das folhas medidas por termômetros infravermelhos.

### 2.3.2. Radiação de Onda Longa da Atmosfera

A energia radiante cujo comprimento de onda está compreendido entre 4 - 100 $\mu$ m é denominada de ondas longas.

A radiação de ondas longas da atmosfera é a componente do balanço de radiação mais difícil de ser medida, pois os poucos instrumentos disponíveis não possibilitam medições com precisão satisfatória. No entanto, existem pirgeômetros que medem radiação de ondas longas entre 5,0 e 50  $\mu$ m, porém, como essas medidas diretas são raras, quase sempre este parâmetro é obtido de forma indireta ou através da equação do balanço de radiação, quando os demais termos são medidos.

Existem vários modelos para estimativa da radiação de ondas longas, porém os mais usados são os modelos de IDSO & JACKSON (1969), BRUNT (1932) e SWINBANK (1963). Estes modelos só são válidos para dias de céu claro. Para dias com nebulosidade os modelos sofrem certas correções de ajuste. Os métodos mais precisos para calcular a radiação de ondas longas da atmosfera em dias de céu claro, requerem dados do perfil de umidade e de temperatura. Como estes dados raramente estão disponíveis, modelos mais simples têm sido desenvolvidos baseados na lei de Stefan-Boltzmann.

### 2.3.3. Balanço de Radiação

O saldo de radiação, além de ser o principal componente do balanço de radiação, desempenha um papel fundamental nos métodos que estimam as perdas de água por superfícies vegetadas, parâmetro extremamente importante no planejamento das atividades agrícolas (LEITÃO, 1994).

As plantas respondem instantaneamente à radiação solar incidente sobre elas, valores altos de radiação podem ser prejudiciais. A radiação absorvida é um dos principais componentes responsáveis pelo aquecimento de uma planta, juntamente com a radiação térmica do solo e da atmosfera. Da radiação absorvida, uma pequena fração resulta da reflexão pelo solo.

O balanço de radiação em uma determinada superfície é a contabilização líquida entre a energia radiante recebida e perdida pela superfície. O balanço de radiação, também denominado de radiação líquida, constitui-se da soma algébrica dos balanços de radiação de ondas curtas e longa, sendo considerados positivos os fluxos verticais na direção da superfície ( $\downarrow$ ) e negativos na direção do espaço ( $\uparrow$ ). Seu estudo é muito importante, dada sua influência sobre o comportamento de vários elementos meteorológicos e na evapotranspiração das culturas, proporcionando importantes alterações no clima em diferentes regiões do globo terrestre (MOURA, 2001).

Neste sentido, diversos pesquisadores desenvolveram trabalhos a fim de determinar o comportamento e/ou a quantificação da radiação disponível para as trocas termodinâmicas entre a atmosfera, o solo e as culturas.

TEIXEIRA *et al.* (1997) determinaram o saldo de radiação acima ( $R_{ns}$ ) e abaixo ( $R_{ni}$ ) da folhagem da cultura da videira e sua correlação com o índice de área foliar, em Petrolina-PE. Observaram que a relação ( $R_{ni}/R_{ns}$ ) decresce enquanto que o IAF cresce rapidamente, alternando as proporções de energia líquida disponível ao sistema de cultivo, absorvidas pelo solo e pelas plantas. Já ALVES & AZEVEDO (1997), ao determinarem o balanço de radiação num cultivo de melão, observaram que o saldo de radiação representou 55, 59 e 64% da radiação solar incidente no 5°, 20° e 48° dias após a semeadura, respectivamente.

O saldo de radiação também é um termo de grande importância e muito significativo, em estudos meteorológicos de meso e microescalas, por constituir a principal fonte de energia para os fluxos turbulentos de calor sensível e de calor latente, ou seja, para o aquecimento da biomassa e para os processos fotossintéticos. Em aplicações hidrológicas e agrícolas, a evaporação pode ser estimada através de modelos físicos se o saldo de radiação for conhecido (MANZI *et al.*, 1986). OLIVEIRA (1998) também utilizou dados

do saldo de radiação para determinar o balanço de energia da cultura do amendoim no município de Rodelas-BA.

Estudos desenvolvidos em comunidades vegetais têm mostrado a existência de uma correlação bastante estreita entre o saldo de radiação e a radiação global, independentemente do comprimento do período de tempo. Diversos pesquisadores, no mundo inteiro, têm trabalhado com estimativa do balanço de radiação sobre superfícies vegetadas, entre eles podemos citar: DAVIES (1982), SANTOS *et al.* (1983), EL ADAWI *et al.* (1986), REED (1987), BURLON *et al.* (1991), MORIATY (1991), AL SHADAH & RAGAB (1991) e GOPINATHAN (1992).

LEITÃO (1994), trabalhando com três tipos de floresta, na Amazônia, encontrou excelente correlação entre o saldo de radiação e a radiação global incidente, podendo este ser estimado em função da radiação incidente. Esta boa correlação foi confirmada por MOURA *et al.* (2000) trabalhando com solo descoberto, em Mossoró-RN, em diferentes épocas do ano.

LEITÃO *et al.* (2000) encontraram para solo descoberto, em Mossoró-RN, valores médios diários do saldo de radiação de 310,7 W.m<sup>-2</sup>, 331,0 W.m<sup>-2</sup>, 221,6 W.m<sup>-2</sup> e 328,5 W.m<sup>-2</sup> nas estações de inverno, primavera, verão e outono, respectivamente. FERREIRA *et al.* (2001) registraram para a cultura do melão, em Carnaubais-RN, valores médios diários do saldo de radiação em torno de 14,85 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> correspondendo a 66,3% da radiação incidente. LEITÃO *et al.* (2001), em Serra Negra do Norte-RN, obtiveram Rn correspondendo a 77,0% da radiação incidente no período seco e 78,3% na época chuvosa, em trabalho realizado com algaroba. SOUZA *et al.* (2001) mediram o Rn em três fases fenológicas diferentes, sobre a cultura do melão em Carnaubais-RN, encontrando valores médios diários de 172,4 W.m<sup>-2</sup>, 142,5 W.m<sup>-2</sup> e 93,8 W.m<sup>-2</sup>. LOPES *et al.* (2001), trabalhando com dossel de mangueira *Tommy Atkins* de agosto a novembro de 1998, encontraram valores de Rn variando entre 307,4 e 472,87 W.m<sup>-2</sup>.

COHEN *et al.* (1997), usando sombreamento em árvores de citrus, conseguiram reduzir a radiação líquida nos dois tratamentos testados, em 47% e 73% do saldo de radiação acima do dossel. Como consequência, houve uma diminuição na temperatura das folhas, na condutância estomática, no fluxo de seiva e na transpiração das plantas.

#### 2.3.4. Albedo

O albedo ou poder refletor é a fração da radiação solar global que atinge uma superfície qualquer e é refletida por ela. O termo albedo, em trabalhos mais recentes, tem sido definido como coeficiente de reflexão da superfície para a radiação de ondas curtas (MOURA, 2001).

O albedo é um parâmetro muito importante no balanço de radiação de uma superfície e bastante utilizado em modelos climáticos e agrometeorológicos, tais como estimativas do fluxo de vapor d'água e do saldo de radiação, dentre outros; entretanto, este parâmetro nem sempre está disponível, visto que sua medida não é efetuada de forma rotineira, como ocorre com muitos outros parâmetros meteorológicos (LEITÃO, 2002).

Segundo LEITÃO (2002), para uma superfície vegetada o albedo varia com o ângulo de elevação do sol, tipo de vegetação, condições de umidade do ar e da superfície, umidade e tipo de solo, além da quantidade e tipo de nuvens.

Durante o dia o albedo diminui com a elevação do sol, geralmente alcançando valores máximos próximo ao nascer e pôr do sol, enquanto que os valores mínimos são observados em torno do meio dia (MONTEITH & SZEICZ, 1961; RIJKS, 1967; STEWART, 1971; VISWANADHAM, 1972; NKEMDIRIM, 1972; 1974; AMFIELD, 1975; PINKER *et al.*, 1980; PINKER, 1982; McCAUGHEY, 1985 e 1987; MANZI *et al.*, 1986; SHUTTLEWORTH *et al.*, 1989; VISWANADHAM *et al.*, 1990; ECK & DEERING, 1992; LEITÃO, 1994; entre outros).

ECK & DEERING (1992) afirmam que o albedo maior para ângulos de elevação solar maiores deve-se a uma maior penetração da radiação solar no dossel, resultando num aumento da absorção e espalhamento abaixo do topo das plantas. Para pequenos ângulos de elevação do sol, a radiação solar incidente não penetra muito nas aberturas do dossel; com isso, ocorre uma redução da absorção pelo espalhamento múltiplo, o que concorre para uma maior reflexão à superfície da radiação incidente e, conseqüentemente, um albedo maior.

LEITÃO (2002), trabalhando com três tipos de floresta na região amazônica, encontrou valores médios diários próximos a 11% para a radiação de ondas curtas, 21% para o infravermelho próximo e 1,5 a 2,0% para a radiação fotossinteticamente ativa. O mesmo autor cita que para a floresta de mata densa o albedo à tarde foi maior do que no período da manhã, provavelmente em função da redução do teor de umidade das folhas,

contribuindo para diminuir a absorção de radiação pela superfície foliar, como redução da radiação direta e conseqüente incremento da radiação difusa devido ao aumento da nebulosidade a partir do início da tarde.

Embora para uma determinada superfície o albedo seja variável, via de regra utiliza-se um valor constante. Diversos pesquisadores, entre eles BURMAN & POCHOP (1994) & RODRIGUES *et al.* (1997) sugerem valores mínimos, máximos e médios para diversas superfícies.

Os resultados obtidos por IDSO *et al.* (1975), mostram que para solo úmido, a variação diária do albedo exibe uma simetria em torno do meio-dia solar em resposta aos efeitos do ângulo de elevação do Sol. Este efeito pode ser alternado à medida que o solo perde umidade, tendendo novamente à simetria quando o solo torna-se completamente seco. OLIVEIRA (1998), trabalhando com a cultura do amendoim irrigado por aspersão, em Rodelas-BA, constatou para dias claros e sem irrigação, valores de albedo na ordem de 25%. Já para dias com irrigação observou-se uma queda brusca do albedo médio, em torno de 9%, por volta do meio-dia.

LEITÃO *et al.* (2000), avaliando ao longo das quatro estações do ano um solo sem vegetação, em Mossoró-RN, encontraram valores mínimos do albedo próximo às 11:00 horas (hora local). Com relação às médias diárias, verificaram que os maiores valores ocorreram no verão, 21,7%, e na primavera, 21,5%, enquanto que no inverno e outono houve redução dos percentuais para 17,7% e 16,6%, respectivamente.

FERREIRA *et al.* (2001) obtiveram ao longo do ciclo vegetativo do melão, em Carnaubais-RN, um albedo médio de 23%.

LEITÃO *et al.* (2001) encontraram valores médios de albedo de 13,4% e 12,0%, sobre dossel de algaroba, para os períodos seco de 1999 e chuvoso de 2000, em Serra Negra do Norte-RN.

MADEIRA *et al.* (2001) afirmam que a umidade modifica a capacidade reflectiva do dossel. Os autores testaram grama com cobertura de orvalho e de chuva e concluíram que para ambos houve um aumento na reflexão do visível e uma redução do infravermelho.

#### 2.3.4.1. Reflexão pelo Dossel Vegetativo

A radiação total que retorna da folha é, em parte, composta pela radiação refletida por sua superfície e, em parte, por aquela radiação espalhada por seu interior. A capacidade de reflexão da folha depende da natureza da superfície foliar; uma folha pilosa, por exemplo, aumenta a reflexão de maneira considerável.

Dentro do espectro visível, as folhas refletem em média apenas 6% a 10% da radiação (GAUSMAN, 1985). Folhas muito brilhantes de algumas árvores de região temperada quente e de floresta tropical úmida podem refletir até 12% a 15% do espectro visível (KIRA, 1991).

A luz verde é fortemente refletida (10% a 20%) e as radiações nos comprimentos de onda na faixa do laranja e do vermelho sofrem menores reflexões (3% a 10%). A reflexão da luz vermelha tem um importante papel na comunicação entre plantas vizinhas. A razão entre as radiações refletidas vermelho/vermelho-extremo aumenta com o distanciamento da planta que emite; as plantas que recebem essas radiações são capazes de detectar a presença e a distância das plantas vizinhas por meio do sistema de fitocromo (SCHMIDT *et al.*, 1990).

A radiação ultravioleta é refletida fracamente pela folha, não mais que 3%, já na faixa do infravermelho a folha reflete 70% dessa radiação que incide perpendicularmente. A radiação na faixa do infravermelho próximo (750 a 1350 nm) pode ser evidenciada com medições espectrais. Para cada espécie há um padrão de reflexão do vermelho próximo e um desvio desse padrão pode indicar injúrias nas folhas causadas por condições climáticas ou emissões de poluentes, bem como por ataque de fungos (LARCHER, 2000).

PITMAN (2000) cita que a samambaia possui um alto poder refletor para a radiação infravermelha quando comparada com outros tipos de vegetação. Esta reflexão pode ser determinada através do conhecimento do coeficiente de extinção e da área foliar através de um modelo simples.

#### 2.3.4.2. Absorção pelo Dossel Vegetativo

A maior parte da radiação é absorvida no interior da folha. Durante sua passagem pela folha a radiação atravessa sucessivas camadas de células e sua intensidade declina exponencialmente. Nos espaços intercelulares a radiação é totalmente refletida.

Dependendo da estrutura e da quantidade de cloroplastos, a folha absorve, geralmente, 60% a 80% da radiação fotossinteticamente ativa. Idioblastos e feixes de fibras facilitam a passagem da luz pelas camadas de mesófilos espessos (VOGELMANN & BJORN, 1986). A absorção na faixa do visível para todas as plantas depende dos pigmentos do cloroplasto. Desta forma, a curva do espectro de absorção da folha para a banda do visível tem seu valor máximo coincidente com o valor da clorofila e dos carotenóides.

Já a radiação ultravioleta é detida em grande parte pela cutícula e pela parede externa suberizada da epiderme, bem como por compostos fenólicos do suco celular das camadas celulares mais externas. Assim, no máximo de 2% a 5%, mas geralmente menos de 1%, da radiação ultravioleta alcança as camadas mais interiores da folha. A epiderme e os pêlos agem como filtros para o parênquima assimilador; por exemplo os tricomas das folhas de oliveira absorvem 60% da radiação ultravioleta (KARABOURNIOTIS *et al.*, 1992). Pigmentos depositados na camada cortical de líquens também são filtros de radiação ao ultravioleta.

A radiação infravermelha com comprimento de onda de até 2000 nm é pouco absorvida pela folha, mas aquela com comprimento de onda acima de 7000 nm é quase totalmente absorvida. Desta forma, a planta se comporta em relação à radiação térmica como se fosse um corpo negro.

#### 2.3.4.3. Transmitância pelo Dossel Vegetativo

A transmitância da folhagem depende de sua estrutura e de sua espessura. Folhas flexíveis deixam passar, ou transmitem, entre 10% e 20% da radiação solar, ao passo que folhas bem finas, até 40%. Folhas espessas e duras praticamente não transmitem radiação (transmitância abaixo de 3%). Os comprimentos de onda mais transmitidos e também mais refletidos estão na faixa do verde e, especialmente, na banda do vermelho próximo. Assim, a radiação que atravessa a folhagem é especialmente rica nos comprimentos de onda próximos de 500 nm e acima de 800 nm. Sob a folhagem prevalece uma sombra vermelha-verde e sob a sombra de florestas densas somente o vermelho-extremo e o infravermelho (LARCHER, 2000).

Para caracterização da radiação abaixo da cobertura foliar é necessária a determinação da razão vermelho/vermelho-extremo, devido a seu significado fisiológico

para o desenvolvimento de outras plantas. Somente 0,5% a 2% da radiação incidente, principalmente os comprimentos de onda longos, conseguem penetrar nas gemas ou nos ramos finos (PUKACKI & GIERTYCH, 1982). O meristema apical das gemas recebe mais vermelho-extremo (700 a 840 nm) do que vermelho (600 a 690 nm) e esta razão muda durante o desenvolvimento da gema e durante as estações do ano. Estes sinais são percebidos pelo sistema de fitocromo, o qual ativa certos genes que conduzem o desenvolvimento e a diferenciação. As plantas apresentam adaptações modulativas, modificativas e evolutivas durante seu desenvolvimento, de acordo com a quantidade e qualidade da radiação local preponderante.

A fotossíntese é o processo fundamental que supre a comunidade de plantas com energia e carbono para a produção de biomassa. Este processo está associado à interceptação da parte visível da radiação solar incidente (PAR) pelos órgãos da planta que contêm clorofila, principalmente as folhas. A luz interceptada é convertida em matéria seca via fotossíntese e processos metabólicos. As análises de conversão de luz propostas por MONTEITH (1977) e WARREN-WILSON (1981) têm freqüentemente produzido uma relação linear entre radiação interceptada acumulada e produção de matéria seca (SIVAKUMAR & VERMANI, 1984; CANNEL *et al.*, 1987).

A avaliação do crescimento da planta em termos de radiação solar interceptada ou absorvida, e a eficiência com que esta energia é utilizada na produção de matéria seca, tem recebido muita atenção na literatura. Para DEMETRIADES-SHAH *et al.* (1992), citados por LEITÃO (1994), embora o conceito de eficiência de radiação por plantas seja perfeitamente saudável na teoria, na prática o uso desta técnica pode ser difícil, visto que os valores para o uso eficiente de radiação de uma cultura podem variar muito com o local e estação do ano. Desta forma, a análise do crescimento de plantas em termos de radiação interceptada acumulada e a eficiência com que esta é usada para a produção de matéria seca, deve ser efetuada com cautela, pois a taxa de fotossíntese e, portanto, a taxa de crescimento da planta, é também função das condições de solo, meio ambiente e fatores biológicos internos. A radiação solar é somente uma dessas variáveis.

A relação entre fotossíntese e energia solar é melhor avaliada pela medida da porção da irradiância de ondas curtas, que é fotossinteticamente ativa. McCREE (1972) mostrou que o fluxo de fótons na faixa espectral entre 0,4 e 0,7  $\mu\text{m}$  representa a melhor

medida do fluxo de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), tanto para fontes naturais como artificiais.

Medidas de PAR não são efetuadas rotineiramente; na prática, é usual tomar-se aproximações, considerando-se que em média 44 % da radiação solar incidente ocorre entre 0,4 e 0,7  $\mu\text{m}$  (BRITTON & DODD, 1976). Alguns valores da razão entre PAR e a radiação solar incidente têm sido determinados por alguns pesquisadores: YOCUM *et al.* (1966), utilizando piranômetros Eppleys, observaram uma razão de 47 %; McCREE (1966) encontrou valores entre 47 e 69 % e concluiu que os valores mais altos resultaram da presença de vapor d'água na atmosfera atuando como principal absorvedor; SZEICZ (1974) encontrou, para dias claros, com o ar seco, uma proporção de 50 % no verão, e 46 % no inverno; KARALIS (1989) observou, para Atenas, uma razão média anual de 45 %. CORTAZAR & ACEVEDO (1985) observaram que, para o período de maior incidência de nuvens no final do outono e no inverno, a porção PAR média mensal representou apenas cerca de 50 a 60 % da porção PAR de dias claros para o mesmo período.

McNAUGHTON *et al.* (1992) desenvolveram um método com base na integração da radiação solar absorvida pelo dossel de uma única árvore, onde o saldo de radiação para todos os comprimentos de onda, ou PAR líquida, é determinado pela integração sobre uma esfera fechada.

MONTEITH (1977) e MONTEITH & UNSWORTH (1990) mostram que um simples modelo de produção de fitomassa prediz uma relação entre o crescimento da planta e a radiação solar interceptada.

### 2.3.5. Distribuição da Radiação no Dossel Vegetativo

Uma cobertura vegetal fechada funciona como um sistema de assimilação, no qual as camadas de folhas estão superpostas e se sombreiam mutuamente. A cada profundidade da cobertura vegetal, a radiação que penetra é interceptada e utilizada gradualmente, sendo quase totalmente absorvida próximo à superfície do solo. Durante o crescimento da parte aérea e do desenvolvimento das folhas, organiza-se uma arquitetura capaz de um fino ajuste de compensação em relação à forte atenuação da radiação dentro da copa, realizando assim a fotohomeostase (LARCHER, 2000).

A atenuação da radiação na cobertura vegetal depende principalmente da densidade da folhagem, do arranjo das folhas no interior da vegetação e do ângulo existente entre a folha e a radiação incidente. A densidade das folhas pode ser expressa pelo índice de área foliar (IAF) que é a relação entre a área total de folhas por área de solo. A interceptação da radiação em uma determinada cobertura vegetal pode também ser caracterizada em termos do espaço ocupado pela folhagem. O cálculo da densidade da folhagem considera a soma total da superfície foliar e o volume da cobertura vegetal. Os valores de densidade foliar para copas de árvores isoladas estão entre 1,5 a 3,2  $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$  (LARCHER, 2000).

A medida da radiação relativa é útil para fins comparativos em ambientes com fraca radiação incidente, como nos estratos inferiores de florestas e abaixo de comunidades herbáceas densas. A radiação relativa expressa a quantidade de radiação exterior que uma planta recebe em seu habitat. Em regiões temperadas, nas florestas latifoliadas e de coníferas, o percentual é de 3% a 10% durante as estações de crescimento; já no inverno é de 50% a 70% devido à queda das folhas. Em florestas tropicais somente uma radiação mínima chega ao solo, podendo ser menor que 1%. No entanto, até mesmo em florestas densas há passagens diretas através das quais os raios solares chegam ao solo. Abaixo da copa estes raios podem representar 40% a 80% da radiação incidente, com o Sol a pino, mas com a radiação incidindo obliquamente, os feixes penetrantes de luz e as manchas luminosas (*sunflecks*) no solo desaparecem. O limite de radiação mínimo para a sobrevivência das plantas vasculares, em geral, está entre 0,5% e 1,0% da radiação solar total incidente (LARCHER, 2000). Em florestas decíduas a radiação que penetra varia de acordo com a cobertura foliar, a qual, por sua vez, muda em função das estações do ano. LEITÃO (1994), trabalhando com três ecossistemas na floresta Amazônica, encontrou para a radiação de ondas curtas sob a copa, percentuais de 3,2%, 14,6% e 16,9% da radiação total incidente no topo, para os tipos de floresta: mata densa, campinarana e campina, respectivamente.

O regime de radiação dentro de dosséis vegetais exhibe considerável variação espacial e temporal. As variações temporais são devidas às variações sazonais e diurnas do ângulo de elevação do Sol, intermitência de nuvens, mudanças na fenologia do dossel e na pigmentação das folhas (HUTCHISON & MATT, 1976). As variações espaciais resultam

das distribuições irregulares na vertical e na horizontal da folhagem e dos ângulos de inclinação das folhas (LEMEUR & BLAD, 1974).

Dependendo da densidade do dossel, o fluxo de radiação solar diminui à medida que penetra na cobertura vegetal, e simultaneamente modifica sua composição espectral. O processo de transição da radiação solar dentro de dosséis tem sido descrito matematicamente, através de vários modelos propostos por diferentes pesquisadores. A distribuição dos fluxos dentro dos dosséis depende, principalmente, das propriedades ópticas e da estrutura destes dosséis. Em vários modelos, têm-se recorrido à lei de Beer para descrever a distribuição da radiação de ondas curtas em comunidades vegetais (YOCUM *et al.*, 1964; BALDOCCHI *et al.*, 1984).

Segundo SINCLAIR & LEMON (1974), os modelos desenvolvidos para prever a penetração de raios solares através da folhagem de um dossel, geralmente se baseiam no fato de que a extinção da radiação direta é uma função exponencial do índice de área foliar e do coeficiente de extinção, assumindo que existe uma distribuição aleatória das folhas. NILSON (1971, citado por UNGS, 1981), mostra que para uma folhagem que não tem nenhuma orientação e inclinação preferida, o coeficiente de extinção ( $k$ ) é dado por  $0,5/\cos Z$ , onde  $Z$  é o ângulo zenital do Sol.

Segundo SZEICZ (1974), a transmissão da radiação através das folhas é fortemente dependente do comprimento de onda. Os principais pigmentos absorvedores de radiação nas folhas são as clorofilas **a** e **b** e os carotenóides, que absorvem cerca de 80 a 90 % da radiação de comprimento de onda entre 0,4 e 0,7  $\mu\text{m}$ , que representa o campo fotossinteticamente ativo (PAR); entretanto, absorvem apenas cerca de 20 % da radiação infravermelha. A fração da radiação rejeitada pelas folhas é de natureza difusa e distribuída igualmente pela transmissão e reflexão. Em resumo, observa-se que a absorção de radiação é alta na região visível do espectro, onde a energia é necessária para a fotossíntese. Na faixa espectral de 0,7 a 1,1  $\mu\text{m}$ , onde grande parte da energia do espectro solar está concentrada, a absorção é bastante baixa, enquanto que na região do infravermelho volta a subir. IDSO *et al.*, (1966) afirmam que as propriedades espectrais da planta permitem a ela absorver energias quando necessário, e refleti-la e transmiti-la quando prejudicial.

Medidas de absorção dentro de um dossel requerem medidas do perfil de radiação, o que é muito trabalhoso e demanda um sistema complicado. Segundo KUUSK (1992), tais

medidas são extremamente difíceis em caso de vegetação densa. Assim sendo, são obtidas muitas vezes analiticamente através de modelos de transferência radiativa. Os modelos mais comuns para cálculos da produtividade fotossintética, consideram a absorção da radiação direta, ou os processos de absorção numa corrente dupla, na camada completa do dossel (CHANCE & LE MASTER, 1978; MORRIS, 1989; ASRAR *et al.*, 1989; HALL *et al.*, 1990). Os modelos que permitem calcular a absorção numa dada altura dentro do dossel baseiam-se, na equação da transferência radiativa, ou em simulações Monte Carlo (KIMES & SMITH, 1980; MYNENI *et al.*, 1989; MYNENI, 1991).

A parte aérea das plantas recebe radiação de vários tipos e por todos os lados: direta, difusa, refletida pela superfície do solo ou pelas outras folhas etc.. A forma de crescimento, tipo de ramificação e posição da folha, condicionam a luminosidade da copa. A maioria das plantas ordena sua superfície de assimilação de forma que poucas folhas recebam radiação solar direta permanentemente: assim, a maior parte das folhas se encontra parcialmente sombreada, recebendo radiação difusa. Folhas eretas, folhas posicionadas em perfil, folhas com o ápice voltado para baixo como se estivessem penduradas, bem como órgãos de assimilação com a superfície recurvada, folhas recurvadas formando um cilindro, todas elas interceptam a radiação em um ângulo agudo. Dessa forma, estas folhas se protegem de injúrias causadas pelo superaquecimento e de intensidades de radiação excessiva (LARCHER, 2000).

Na copa de árvores isoladas forma-se um gradiente de radiação entre o exterior e o interior da copa. A atenuação da radiação na copa depende da arquitetura característica, do desenvolvimento da ramificação, da folhagem e da idade da planta. Uma separação é feita entre copas de sol como o pinheiro, o larício etc., e copas de sombra, como as coníferas e as árvores sempre verdes, sendo que estes dois tipos básicos de copa se desenvolvem em função da capacidade da espécie de produzir folhas adaptadas à sombra. A irradiância média no interior da copa permite estimar a necessidade de radiação e a plasticidade fenotípica da folha de sombra. Em copas de sol, as folhas mais interiores recebem uma radiação média de 10% a 20% em relação ao total da radiação incidente, enquanto nas copas de sombra há folhas que recebem somente uma irradiância relativa entre 1% e 3% (LARCHER, 2000).

Em dosséis muito densos, a falta de radiação pode ser muito acentuada, inibindo a fotossíntese (NUNES, 1985). Inversamente, um dossel muito aberto pode permitir uma quantidade excessiva de radiação solar incidente. STEEGE (1994) afirma que, debaixo da copa do dossel, a radiação difusa pode ser originada pelo espalhamento das folhas através da reflexão e transmissão. VARELA & SANTOS (1992), estudando a influência do sombreamento na produção de mudas de *Dinizia excelsa Ducke* em viveiro da Amazônia, concluíram que o tratamento sob 30% de sombreamento proporcionou melhor desenvolvimento, comparado aos tratamentos de 50% e 70%. DIAS *et al.* (1992) afirmam que o entendimento da regeneração dos ecossistemas de floresta tropical passa pela associação da germinação com o fator luz, e mostram que sementes de quatro espécies arbóreas tropicais germinaram melhor no escuro, seguido do vermelho, azul, branco e vermelho-distante.

A alta irradiância dentro de dosséis está associada aos *sunflecks*, e a baixa irradiância a áreas sombreadas. A proporção de *sunflecks* ou áreas sombreadas depende do ângulo de elevação do Sol, da quantidade de elementos do dossel e da distribuição das áreas superficiais. HENRIQUES (1983) estudou a interceptação da radiação solar nas copas de duas espécies de árvores do cerrado, *Didymopanax macrocarpum* e *Sclerolobium aureum*. As duas diferem marcadamente na arquitetura da copa. Concluiu que em dias de céu limpo a *Sclerolobium* interceptou aproximadamente 60% da radiação solar incidente pela manhã e 83% ao meio dia, enquanto que a *Didymopanax* interceptou 70% na maior parte da manhã e 75% ao meio dia. A variação da radiação solar interceptada com o zênite, foi explicada como mudança na trajetória da radiação solar na copa, quando o zênite solar diminui da manhã para o meio dia. JANUÁRIO *et al.* (1992), avaliando o comportamento da radiação global em mata densa na região de Tucuruí-PA, observaram que a radiação que atinge o chão do dossel representa 4,7% da radiação global em área aberta adjacente; ASHTON (1992), efetuando medidas de microclima dentro de uma floresta tropical em Sri Lanka, observou que, para um dia ensolarado, os *sunflecks* contribuíram com 24% a 62% para a quantidade de luz armazenada; CHEN BLACK (1992) afirmou que é possível obter informações sobre a arquitetura de plantas a partir da distribuição de *sunflecks* dentro do dossel.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização e Caracterização Climática

Esta pesquisa foi conduzida na Fazenda da Empresa Mossoró Agroindustrial S/A MAISA (Lat: 5° 20' S; Long: 36° 50' W; Alt: 10 m), localizada a cerca de 30 km de Mossoró-RN, 310 km de Natal-RN, 200 km de Fortaleza-CE e 40 km do Atlântico Norte, conforme indica a Figura 02.

As normais climatológicas da região, segundo CHAGAS (1997), apresentam temperatura média anual de 27,6 °C, máxima em dezembro de 33,5 °C e mínima em julho de 22,1 °C. A média anual de precipitação pluviométrica é de 772,7 mm. Os ventos predominantes são de NE e SE, com velocidade média anual de 3,9 m.s<sup>-1</sup>. A pressão atmosférica média anual é de 1009 hPa. Os dados médios mensais da evaporação medida no tanque classe "A" são de 231 mm. A umidade relativa do ar, a nebulosidade e a insolação têm valores médios anuais de 68,3%, 4,0 décimos e 239,5 horas/mês, respectivamente. A classificação climática, segundo W. Koeppen é do tipo BSw<sup>h</sup>: clima seco, muito quente e com estação chuvosa do verão para o outono. De acordo com a classificação de W. C. Thornthwaite, o clima é DdA'a', ou seja, semi-árido, megatérmico e com pequeno ou nenhum excesso de água durante todo o ano.

#### 3.2. Experimento de Campo

O experimento de campo foi desenvolvido no pomar T<sub>3</sub>, que tem uma área total de 32,4 ha e está orientado na direção SE-NW, conforme as Figuras 03 e 04. A cultura estudada foi a mangueira (*Mangifera indica*, L.), variedade *Tommy Atkins*, tendo as plantas do *stand*, em número de 30, recebido todos os tratamentos culturais dados pela Empresa aos pomares de produção comercial. O experimento foi realizado de 17 de setembro de 2001 a 21 de fevereiro de 2002 nas fases de pré-indução, floração, frutificação e maturação dos frutos, durante o ciclo produtivo 2001/2002. O espaçamento utilizado foi de 10 m entre fileiras por 8 m entre plantas, disponibilizando uma área de 80 m<sup>2</sup> para cada árvore. A irrigação foi feita através de microaspersão sob a copa, recebendo cada planta um volume de água de aproximadamente 250 L/dia. Toda a adubação do pomar foi feita via fertirrigação. As árvores receberam seis aplicações de indutor floral à base de nitrato de

potássio 4% (80 kg/200L H<sub>2</sub>O), respectivamente, nas datas: 10/09, 17/09, 24/09, 01/10, 08/10 e 29/10/2001.

### 3.2.1. Análise da Água de Irrigação

A água usada na irrigação durante o experimento foi coletada a aproximadamente 900 metros de profundidade, de um lençol freático confinado (arenito baixo aquí) e analisada no Laboratório de Análises de Água e Fertilidade do Solo da Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM, com o objetivo de se determinar suas propriedades químicas.

### 3.2.2. Análise Físico-química do Solo e dos Nutrientes das Plantas

A análise físico-química do solo e dos nutrientes das plantas foi feita no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN. Para análise do solo foram retiradas em 14 de janeiro de 2002, amostras em 15 pontos aleatórios da área experimental, nas profundidades 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. Para análise dos nutrientes das plantas as amostras foram compostas de 15 folhas retiradas dos ramos frutíferos em torno da copa de cada uma das 30 árvores que compunham o *stand*. No laboratório, as folhas das cinco plantas de cada tratamento, foram misturadas para ter-se uma composição representativa de cada amostra.

Dados do Pomar T<sub>3</sub>:

- Fazenda: MOSSORÓ AGROINDUSTRIAL S/A (MAISA);
- Local: Mossoró – RN;
- Idade aproximada: 10 a 12 anos;
- Altura média das árvores: 8 a 10 m;
- Declinação magnética do local: 21° 28' 26" ( $\cong$  21,47°)
- Altitude média: 10 m;
- Área total do pomar: 32,4 ha;
- Latitude ( $\phi$ ): 4° 56' 42" S;
- Longitude: 37° 32' 13" W;
- Orientação média (O): 321,25° a partir do Norte verdadeiro.



Figura 02. Localização da área experimental MAISA S/A.

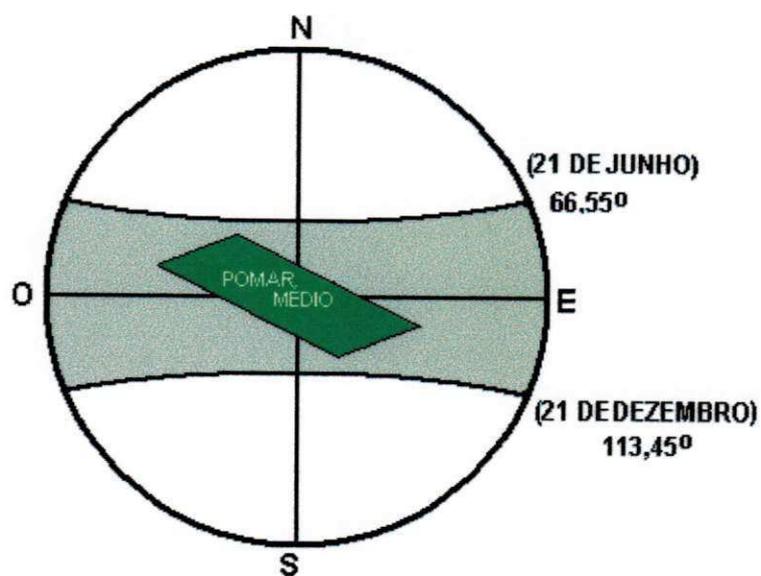


Figura 03. Orientação do pomar T<sub>3</sub> e deslocamento aparente do Sol.



Figura 04. Vista aérea do pomar de mangueiras T<sub>3</sub> da MAISA S/A.

### 3.3. Instalações e Instrumental Utilizado

Para avaliar os efeitos devidos à abertura do dossel, radiativos e climáticos, sobre a produtividade e qualidade da manga, foram efetuadas as seguintes medidas:

#### 3.3.1. Radiação Global, Infravermelha e Fotossinteticamente Ativa

Os dados de radiação solar no topo das árvores foram coletados a sete metros de altura, usando-se piranômetros instalados em uma torre metálica (Figura 05). Os piranômetros usados na medida da radiação solar foram do tipo Eppley, modelo Precision Spectral Pyranometer (PSP) com sensibilidade média em torno de  $9 \mu\text{V}/\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ , uma resistência de  $650 \Omega$  e sensibilidade espectral de  $0,2 \mu\text{m}$  a  $3,0 \mu\text{m}$ .

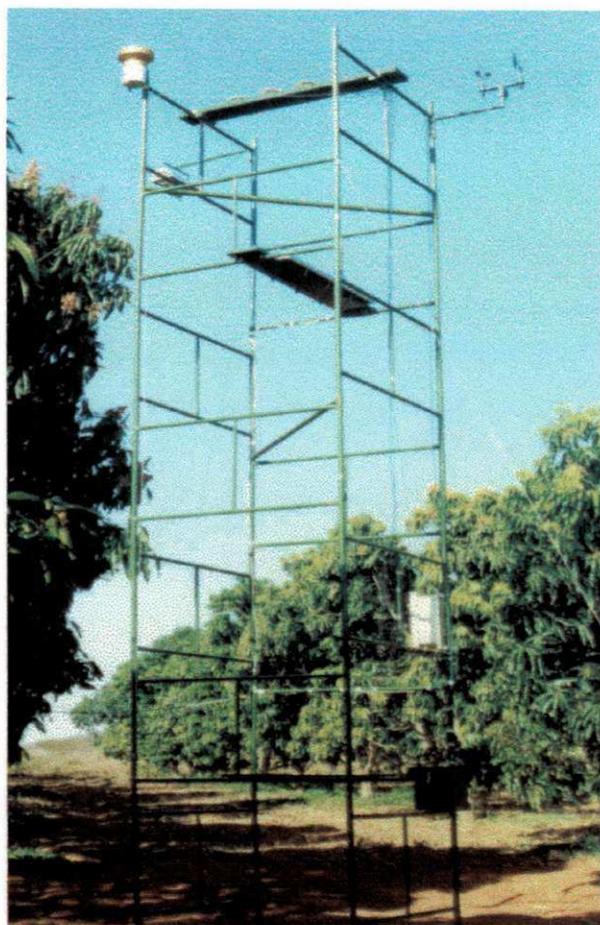


Figura 05 - Torre metálica com sete metros acima da superfície do solo contendo os radiômetros e caixa com um *Micrologger 21X* para coleta de dados.

As radiações ultravioleta, visível e infravermelha, foram medidas a cerca de 2,5 m acima do dossel vegetativo das árvores utilizando-se três piranômetros (Figura 06) equipados com filtros específicos para os comprimentos de onda desejados. Deste modo, um dos piranômetros mediu a radiação global incidente ( $K\downarrow$ ), enquanto que aos outros dois foram acoplados os filtros GG 395 e RG 695 para obter-se a radiação de comprimento de onda acima do ultravioleta e acima do espectro visível, respectivamente. Ou seja, com o filtro RG 695 mediu-se a radiação infravermelha, já que o mesmo só deixa passar aqueles comprimentos de onda superiores a  $0,695 \mu\text{m}$  e inferiores a  $3,0 \mu\text{m}$ . Por outro lado, com o filtro GG 395 mediu-se comprimentos de onda superiores a  $0,395 \mu\text{m}$ . Logo, subtraindo-se a radiação (densidade de fluxo) obtida com o filtro RG 695 da radiação obtida com o filtro

GG 395, determinou-se a radiação visível (PAR). A radiação ultravioleta foi determinada conforme a equação:  $UV = K_{\downarrow} - PAR$ . A radiação refletida por cada dossel, nas faixas global, visível e infravermelho, foi medida no período compreendido entre 20/12/2001 e 10/01/2002, por um piranômetro tipo Eppley (PSP) acoplado aos filtros e posicionado de forma invertida à cerca de 2,5m do topo do dossel (Figura 07). Estes instrumentos e suas respectivas constantes de calibração, são mencionadas na Tabela 4.

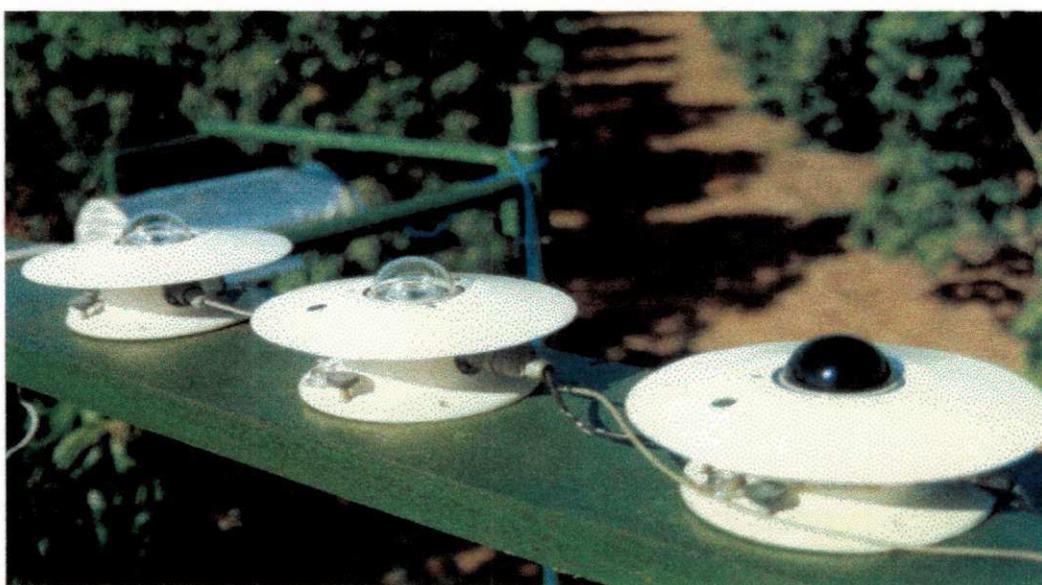


Figura 06 - Piranômetros Eppley, modelo Precision Spectral Pyranometer (PSP), acoplados a filtros para medida das radiações ultravioleta, visível e infravermelha.

Tabela 4. Parâmetros medidos sobre os dosséis da mangueira e sensores utilizados.

Parâmetro	Sensor	Const . de calibração	Filtro
Radiação global incidente	Eppley PSP	$8,49 \cdot 10^{-3} \text{ mV/W.m}^{-2}$	-
Radiação visível e acima incidente ( $\lambda > 0,395 \mu\text{m}$ )	Eppley PSP	$8,92 \cdot 10^{-3} \text{ mV/W.m}^{-2}$	GG 395
Radiação infravermelha e acima incidente ( $\lambda > 0,695 \mu\text{m}$ )	Eppley PSP	$8,75 \cdot 10^{-3} \text{ mV/W.m}^{-2}$	RG 695
Radiação refletida	Eppley PSP	$8,21 \cdot 10^{-3} \text{ mV/W.m}^{-2}$	GG 395 RG 695



Figura 07. Estrutura com Piranômetro Eppley (PSP) para medida da radiação refletida.

Para determinação da radiação global incidente sob os dosséis, foram instalados nas posições N, E, S e W, em uma das árvores de cada um dos tratamentos pirâmide, testemunha e cálice, quatro radiômetros de bateria solar à base de célula de silício (Figuras 08, 09 e 10).

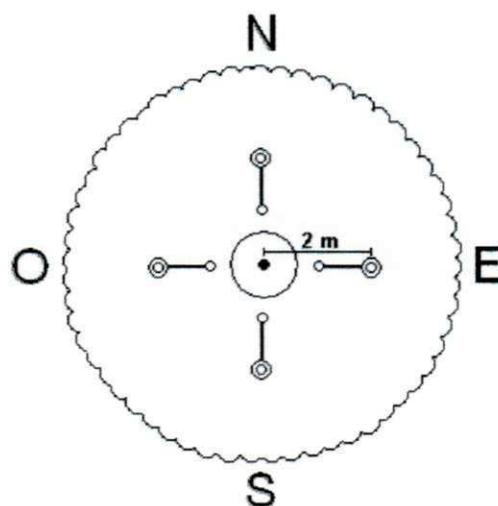


Figura 08. Esquema de distribuição dos radiômetros sob a copa da mangueira.



Figura 09. Distribuição dos radiômetros sob a copa da mangueira para medida da radiação global incidente.

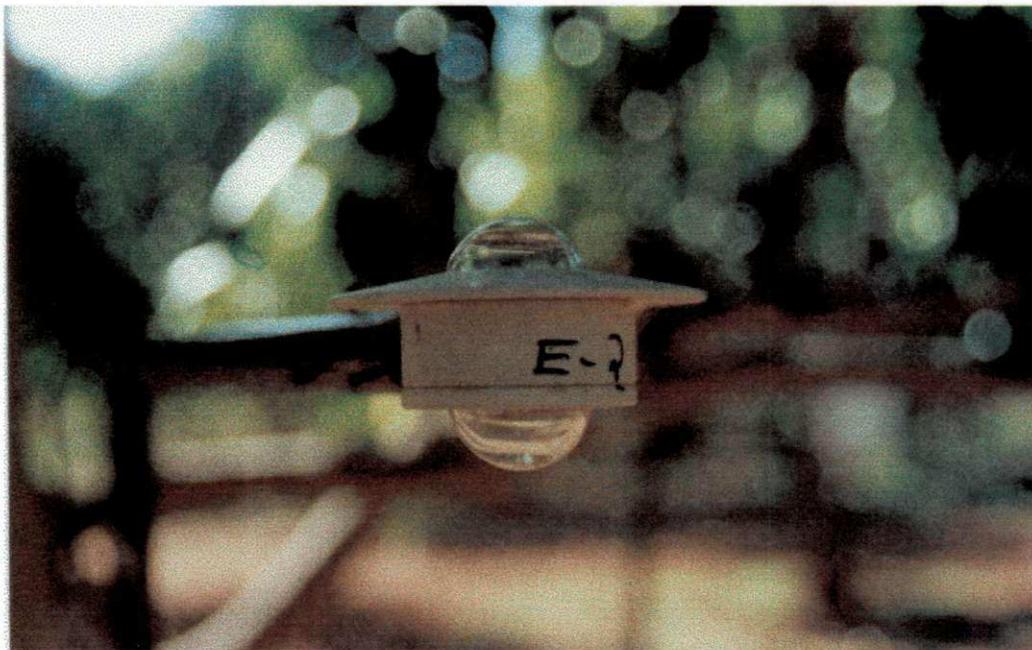


Figura 10. Detalhe do radiômetro usado sob a copa da mangueira para medida da radiação global incidente.

Sob o dossel vegetativo das árvores também foram feitas medidas de radiação ultravioleta, visível e infravermelha usando-se radiômetros com filtros acoplados (Figuras 11 e 12) para medir radiação nos respectivos comprimentos de ondas mencionados. Estes dados foram coletados no período de 20 de dezembro de 2001 a 10 de janeiro de 2002, tendo sido escolhida uma árvore em cada tratamento, na qual a torre com os equipamentos de medida permanecia por três dias.

### 3.3.2. Medida da Temperatura

Para medir a temperatura do ar em torno dos frutos foi escolhida em cada tratamento uma das árvores do *stand* e, em cada quadrante NW, SW, NE e SE da mesma, instalados sensores elétricos de temperatura (termopares) à base de cobre-constantan, próximos aos frutos e na periferia do dossel (Figura 13). Para avaliar o comportamento térmico nos frutos foram construídos gráficos da temperatura observada em cada um dos lados da copa, nos diferentes meses do experimento.



Figura 11. Radiômetros para medida da radiação global, visível e infravermelha sob copa.

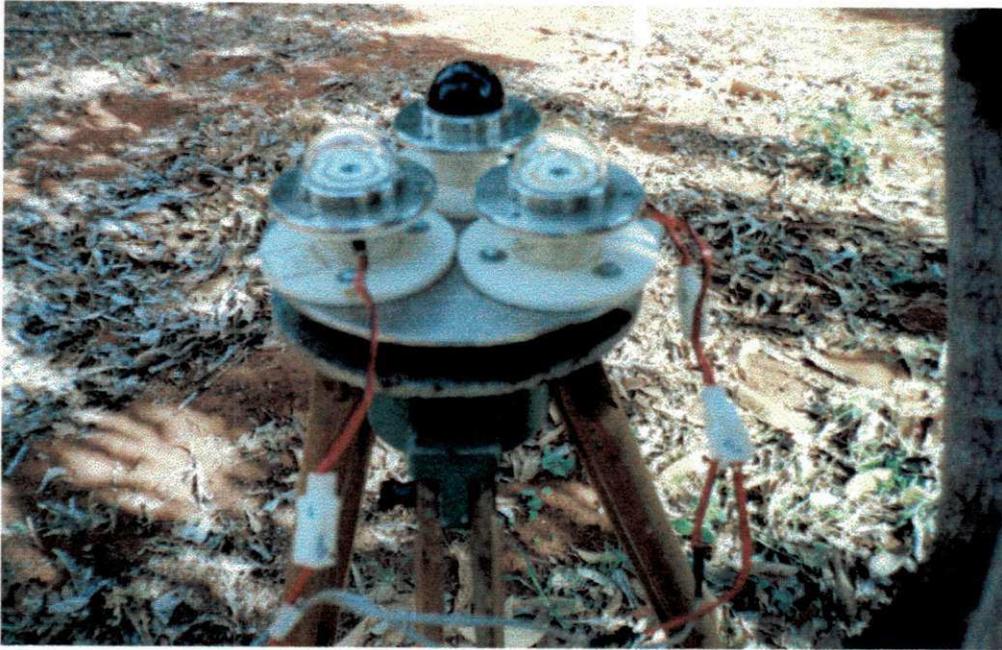


Figura 12. Disposição dos radiômetros para medida da radiação global, visível e infravermelha sob copa.



Figura 13. Sensor de temperatura do ar próximo aos frutos.

Diante da impossibilidade em ter-se equipamentos em todos os lados das plantas, as temperaturas nos lados N, S, E e W das copas foram apenas medidas em oito ciclos diurnos com um termômetro infravermelho. Estes ciclos foram realizados em oito dias, escolhidos aleatoriamente, durante o experimento (16 e 17/11/2002, 01 e 02/12/2001, 15 e 16/12/2001, 26/12/2001 e 05/01/2002), nos quais foram feitas observações da temperatura do dossel vegetativo das árvores, nas posições N, NE, E, SE, S, SW, W e NW. As leituras foram feitas de hora em hora, das 6:00 h às 18:00 horas (hora local). Objetivando minimizar os erros, procurou-se colocar o termômetro infravermelho sempre na mesma posição, ou seja, formando um ângulo de 45° com a vertical (Figura 14).

### 3.3.3. Medida de Outros Elementos Meteorológicos

Durante o experimento de campo foram, ainda, efetuadas medidas de outros elementos meteorológicos como: temperatura e umidade do ar, precipitação pluviométrica, direção e velocidade do vento (Figura 15).



Figura 14. Medida da temperatura do dossel com o termômetro infravermelho.



Figura 15. Torre com instrumentos para medida dos elementos meteorológicos.

#### 3.3.4. Aquisição dos Dados

Para aquisição dos dados, 1 *Micrologger* 21X e 2 *Microloggers* CR10 da Campbell Scientific, Inc (Figura 16), foram utilizados. Como estes sistemas de aquisição permitem leituras a partir de um segundo, e podem ser programados de modo que os dados já sejam registrados nas unidades desejadas, foi possível obter para todas as variáveis, médias a cada 10 minutos, a partir de 60 leituras efetuadas por minuto, ou seja, uma leitura a cada segundo, perfazendo um total de 86400 leituras diárias para cada parâmetro estudado. Cada sistema de aquisição foi alimentado por um coletor solar modelo MSX 10 e, a cada dois dias, os dados armazenados na memória dos mesmos eram transferidos para um módulo de armazenamento e daí para um microcomputador, a fim de serem processados. Deste modo, foi possível efetuar-se monitoramento do experimento em tempo quase real.

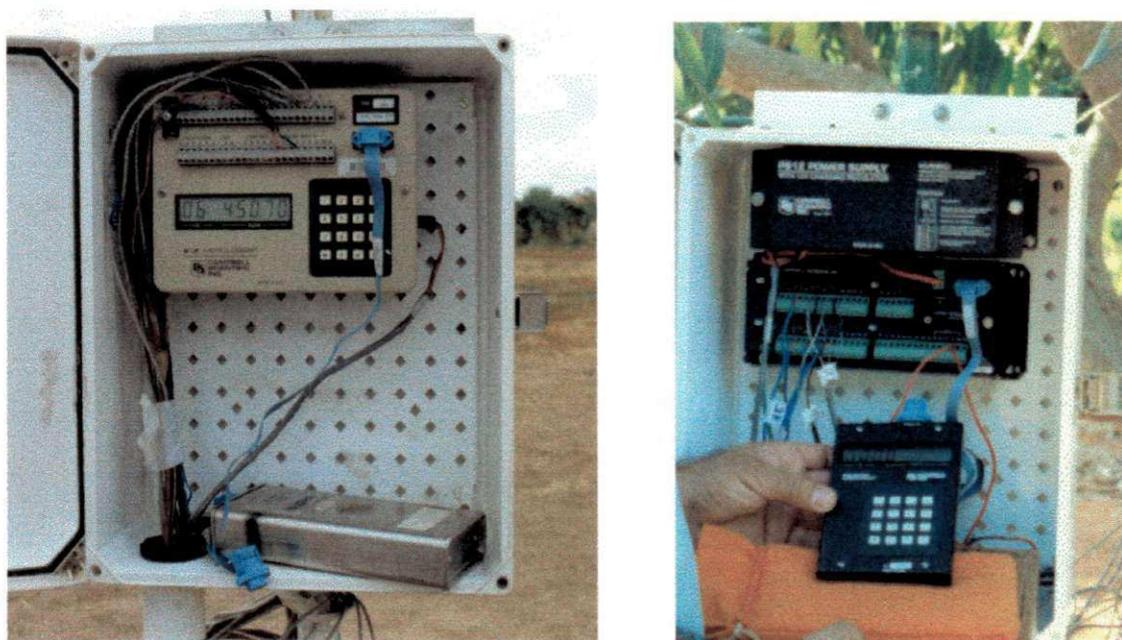


Figura 16 – Microloggers 21 X e CR10 para aquisição dos dados.

### 3.3.5. Calibração dos Instrumentos

Antes de serem instalados no campo, todos os radiômetros de célula de silício, bem como os piranômetros Eppley PSP, foram calibrados contra um piranômetro Eppley PSP padrão de segunda classe, à base de termopilha, com compensação de temperatura, de cúpula dupla e conservado para tal fim (Figura 17). As constantes determinadas já foram inseridas nos programas dos *Dataloggers*, com o objetivo de registrarem os dados corrigidos.

### 3.4. Arquitetura das Árvores

O pomar de mangueiras encontrava-se direcionado no sentido SE - NW, conforme a Figura 03, no qual a trajetória do Sol (azimute solar) sobre o mesmo variou de  $66,55^\circ$  com relação ao Norte Verdadeiro, em 21 de junho, a  $113,45^\circ$ , em 21 de dezembro de 2001.

Para estudar as condições de penetração de radiação solar nos dosséis, utilizaram-se 30 árvores distribuídas em seis fileiras de cinco plantas (Figura 18), tendo cada fileira uma arquitetura de abertura de copa diferente: pirâmide, testemunha, poda V, cálice, poda 2V e poda 4V (Figuras 19 a 24). As podas foram efetuadas de 10 a 15 de setembro de 2001.



Figura 17. Calibração dos radiômetros.

### 3.5. Metodologia

#### 3.5.1. Balanço de Radiação no Topo dos Dosséis

O balanço de radiação no topo dos dosséis foi efetuado fazendo-se a soma dos fluxos de radiação de ondas curtas e ondas longas, conforme a equação abaixo:

$$Q^* = (K \downarrow - K \uparrow) + (L \downarrow - L \uparrow) \quad (1)$$

em que:  $Q^*$  representa o saldo de radiação;  $K \downarrow$  é a radiação de onda curta incidente;  $K \uparrow$  é radiação de ondas curtas refletida pela cultura;  $L \downarrow$  é a radiação de onda longa emitida pela atmosfera na direção do dossel e  $L \uparrow$  é a radiação de onda longa emitida pela superfície, adicionada à radiação atmosférica de onda longa refletida pelo dossel.

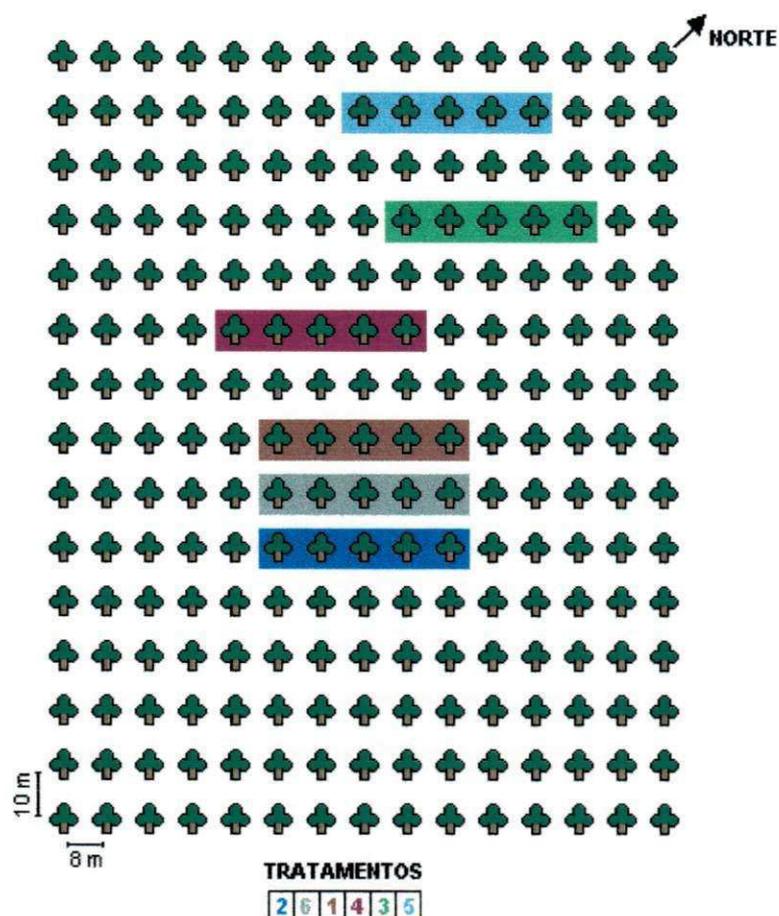


Figura 18. Esquema de distribuição dos tratamentos ao Sul do pomar de mangueiras T<sub>3</sub> da MAISA S/A.

Tratamentos:

- 2 ⇒ Arquitetura de copa em pirâmide;
- 6 ⇒ Arquitetura de copa testemunha;
- 1 ⇒ Arquitetura de copa em V;
- 4 ⇒ Arquitetura de copa em cálice;
- 3 ⇒ Arquitetura de copa em 2 V;
- 5 ⇒ Arquitetura de copa em 4 V.

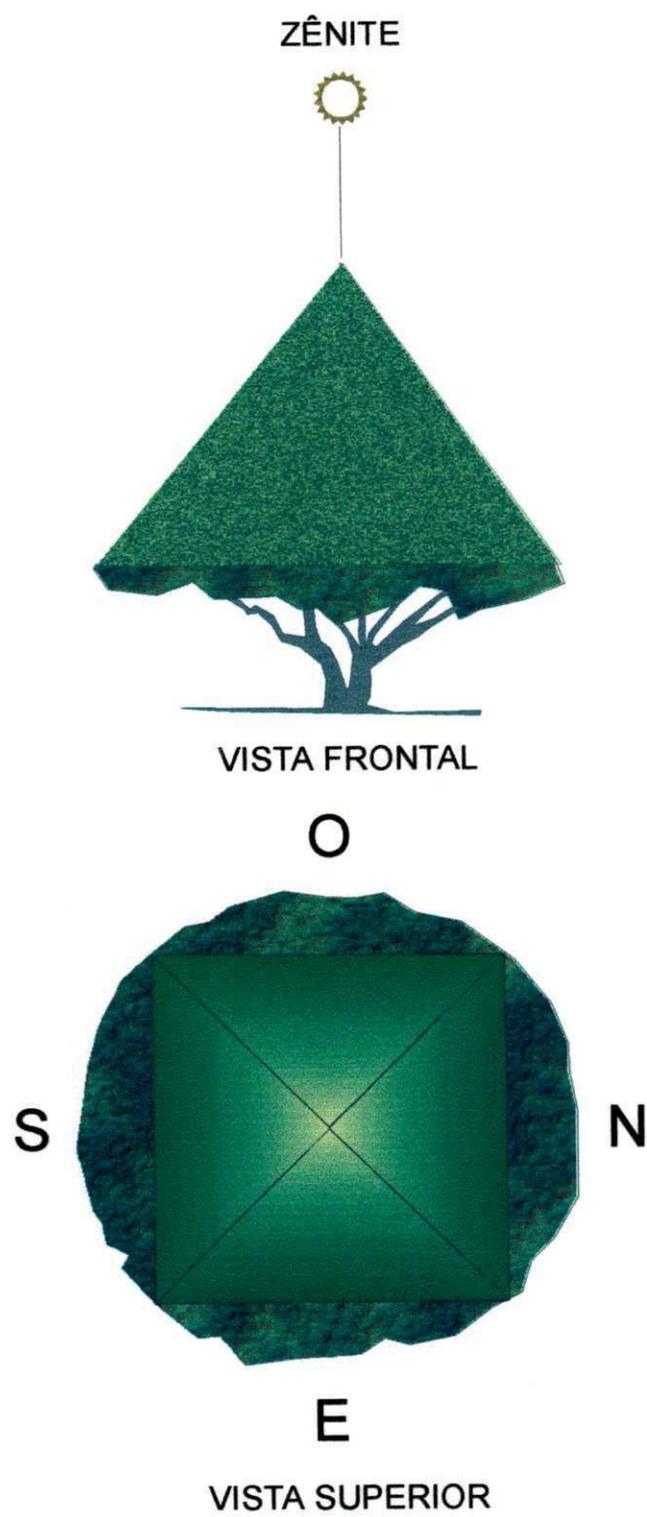


Figura 19. Vistas frontal e superior da arquitetura de copa em pirâmide (2).

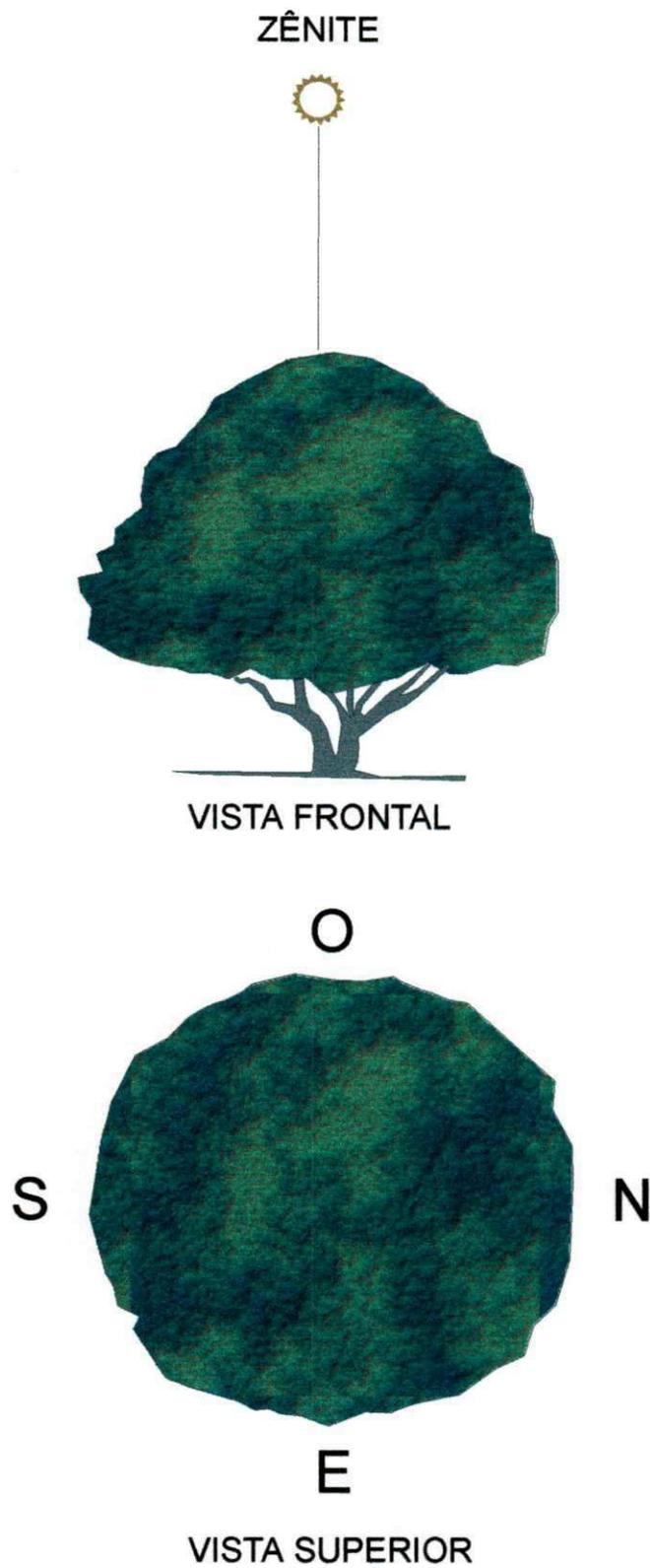


Figura 20. Vistas frontal e superior da arquitetura de copa testemunha (6).

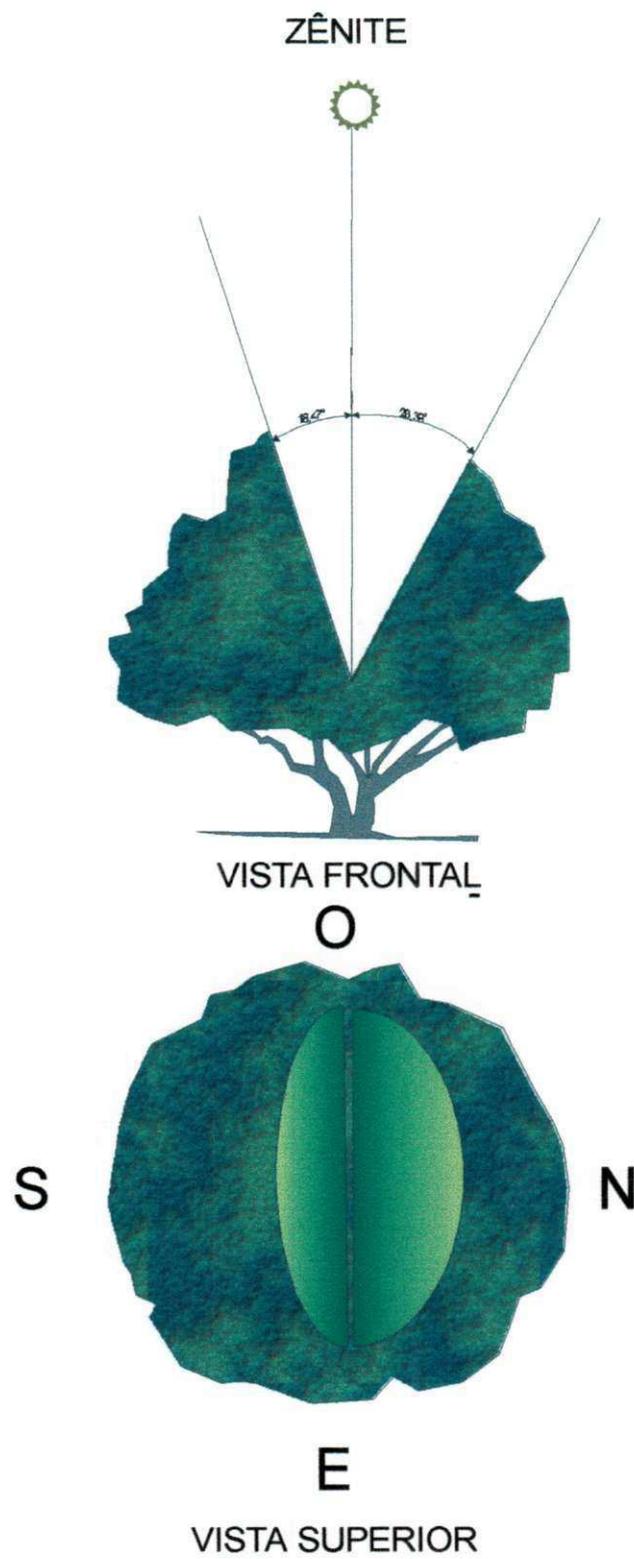


Figura 21: Vistas frontal e superior da arquitetura de copa em V (1).

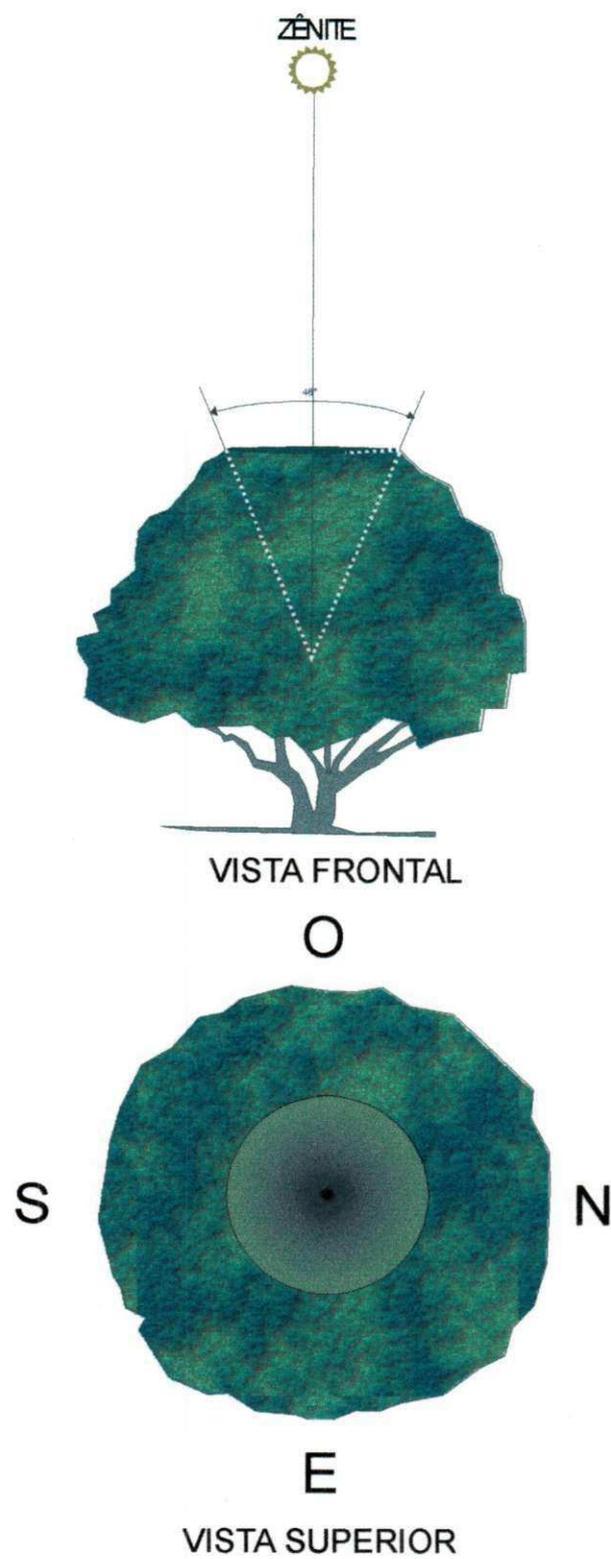


Figura 22: Vistas frontal e superior da arquitetura de copa em cálice (4).

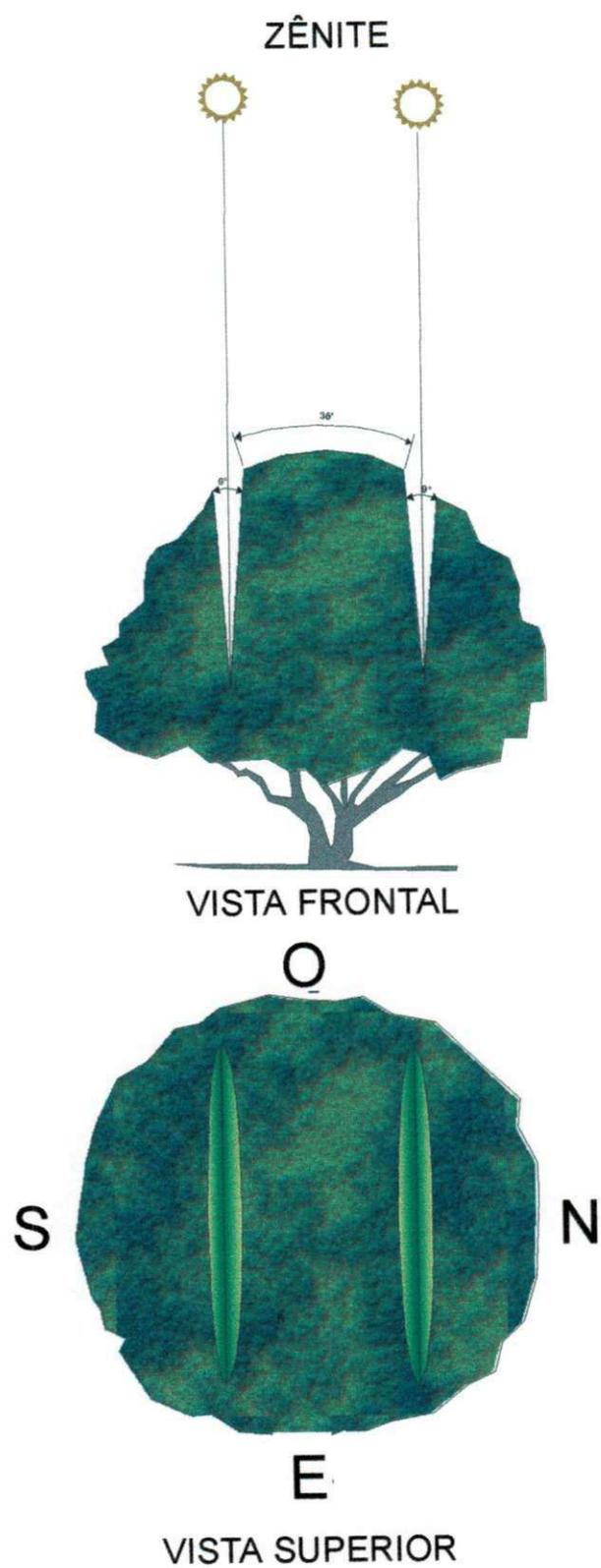


Figura 23: Vistas frontal e superior da arquitetura de copa em 2 V (3).

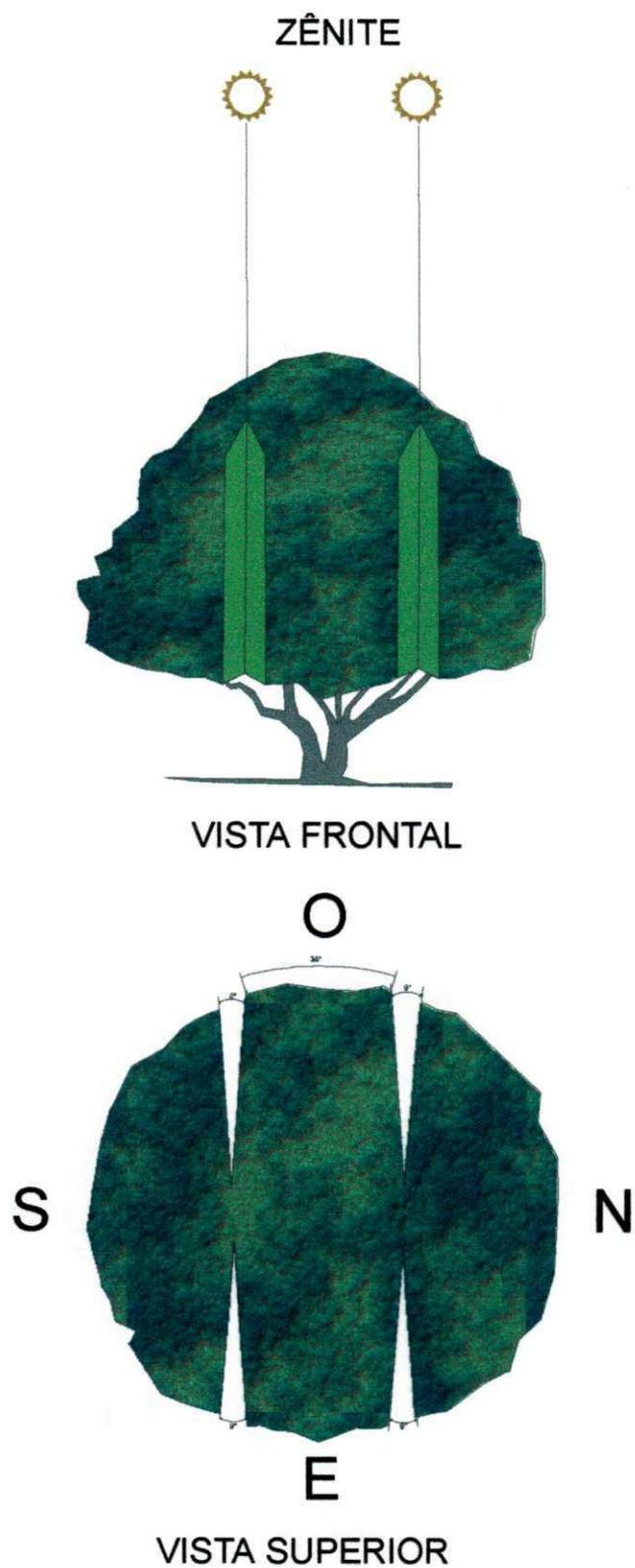


Figura 24: Vistas frontal e superior da arquitetura de copa em 4 V (5).

### a) Saldo de Radiação de Onda Curta

O balanço de radiação de ondas curtas no topo do dossel ( $K^*$ ) foi determinado a partir dos fluxos de radiação incidente e refletida, com base na equação:

$$K^* = K \downarrow - K \uparrow = K \downarrow (1 - r) \quad (2)$$

em que:  $r$  é o albedo de ondas curtas, para cada tratamento, obtido pela razão  $K \uparrow / K \downarrow$ .

### b) Saldo de Radiação de Onda Longa

O balanço de radiação de ondas longas foi determinado pela equação:

$$L^* = (L \downarrow - L \uparrow) \quad (3)$$

Para calcular a radiação de onda longa emitida pela atmosfera ( $L \downarrow$ ) foi usada a equação proposta por BRUNT (1932) a qual foi testada nas condições semi-áridas do Nordeste por LEITÃO (1989) e mostrou ótimos resultados, qual seja:

$$L \downarrow = \sigma T_a^4 (0,44 - 0,08\sqrt{e}) \quad (4)$$

em que:  $e$  é pressão parcial do vapor d'água em mb, e  $T_a$  é a temperatura do ar, medidas a seis metros de altura, próximo à copa das árvores. A Equação (4) é uma das mais usadas, porém suas constantes devem ser ajustadas ao local de sua utilização.

A radiação de ondas longas ( $L \uparrow$ ) emitida por cada dossel, foi calculada com base na equação de STEFAN-BOLTZMANN:

$$L \uparrow = \varepsilon \sigma T_s^4 \quad (5)$$

onde:  $\varepsilon$  é a emissividade da superfície do dossel,  $T_s$  a temperatura média do dossel e  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann igual a  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ . Segundo MONTEITH (1975), a emissividade da maioria das superfícies vegetais varia entre 0,90 e 0,98. Neste trabalho foi usado o valor de  $\varepsilon$  como sendo igual a 1.

Considerando que o uso dos filtros 395 e 695, apenas possibilita medir as radiações de comprimento de onda superiores a 0,395 e 0,695  $\mu\text{m}$  e inferiores a 3,0  $\mu\text{m}$ , respectivamente, para determinar-se as radiações Infravermelha, PAR e Ultravioleta, foi adotada a metodologia descrita a seguir:

### 3.5.2. Radiação Infravermelha - IR

A radiação infravermelha ( $\text{IR}\downarrow$ ) na superfície foliar dos dosséis foi obtida diretamente através de medidas radiométricas.

### 3.5.3. Radiação Fotossinteticamente Ativa - PAR

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) na superfície foliar dos dosséis foi obtida subtraindo-se da radiação global ( $K\downarrow$ ), as radiações ultravioleta ( $\text{UV}\downarrow$ ) e infravermelha incidentes ( $\text{IR}\downarrow$ ):

$$\text{PAR}\downarrow = K\downarrow - \text{UV}\downarrow - \text{IR}\downarrow \quad (6)$$

### 3.5.4. Radiação Ultravioleta - UV

A radiação ultravioleta ( $\text{UV}\downarrow$ ) incidente na superfície foliar dos dosséis foi obtida subtraindo-se da radiação global ( $K\downarrow$ ) a radiação PAR  $\downarrow$  e a radiação infravermelha ( $\text{IR}\downarrow$ ):

$$\text{UV}\downarrow = K\downarrow - \text{PAR}\downarrow \quad (7)$$

### 3.5.5. Transmissividade - t

A transmissividade (t) de cada dossel foi determinada pela razão entre a radiação solar global média, observada na superfície do solo ( $K_b\downarrow$ ), e a radiação global incidente no topo ( $K\downarrow$ ):

$$t = \frac{K_b\downarrow}{K\downarrow} \quad (8)$$

Na chegada ao laboratório os frutos eram submetidos à primeira análise a zero dia, sendo, em seguida, armazenados em câmara fria, à temperatura de 10 °C e umidade relativa variando entre 90% e 95%, onde permaneciam por 24 dias até a segunda análise. Posteriormente eram transferidos para uma outra câmara na qual sofriam um aumento de temperatura e uma diminuição de umidade relativa do ar, para 20 °C e 65% a 70%, respectivamente, condições estas que simulam àquelas nas quais se encontram os frutos no momento da comercialização no mercado externo. Neste novo ambiente continuavam armazenados aguardando a última análise aos 31 dias pós-colheita. Em cada análise os frutos eram partidos em três partes (Figura 25), para retirada do suco e submetidos às avaliações de: sólidos solúveis totais (SST), determinados por leitura em um refratômetro digital Atago modelo PR – 101, escala 0 a 45 °Brix, com compensação de temperatura automática; acidez total titulável (ATT), obtida por titulação do suco com solução de NaOH 0,1% N e expressa como  $H_3O^+$  em mmol/100 mL, segundo metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) e pH, determinado por um potenciômetro digital com membrana de vidro, conforme AOAC (1992).

### 3.7.2. Coloração dos Frutos

Foram selecionados, em cada uma das três colheitas, três frutos de cada quadrante, para análise de coloração, perfazendo um total de 12 frutos por quadrante. Essa análise foi realizada no Núcleo de Pós-colheita da Embrapa Agroindustrial Tropical em Fortaleza-CE.

Para determinação da coloração dos frutos foi utilizado um colorímetro modelo CR-300, da Minolta, onde o flash do aparelho é direcionado para a região central da parte do fruto em questão, fazendo-se tomadas de cor externa (parte verde e parte vermelha, isoladamente) e interna (polpa), com valores do sistema **LCH**, conforme interpretação na Figura 26, onde:

**L**: é a luminosidade e dá idéia da claridade da cor, do seu brilho, da sua vividez. Quando plotado em um gráfico de coordenadas retangulares, a luminosidade cresce na direção do eixo “x” (0°) ao eixo “y” (90°);



Figura 25. Preparação dos frutos no laboratório para determinação das propriedades físico-químicas.

**C** (Chroma): é a intensidade da cor. O valor do **C** é zero no centro e aumenta até 60, de acordo com a distância a partir do centro;

**H** (Hue): dá idéia da cor em si. É o ângulo **H**, expresso em graus, definido como iniciando no ponto  $+a^*$ , no eixo "x", sendo  $0^\circ$  a cor vermelha,  $90^\circ$  o amarelo,  $180^\circ$  o verde e  $270^\circ$  o azul.

Na análise da cor dos frutos, tomou-se como referência os dados da Tabela 5 fornecidos pelo Núcleo de Pós-colheita da Embrapa Agroindustrial Tropical localizado em Fortaleza-CE.

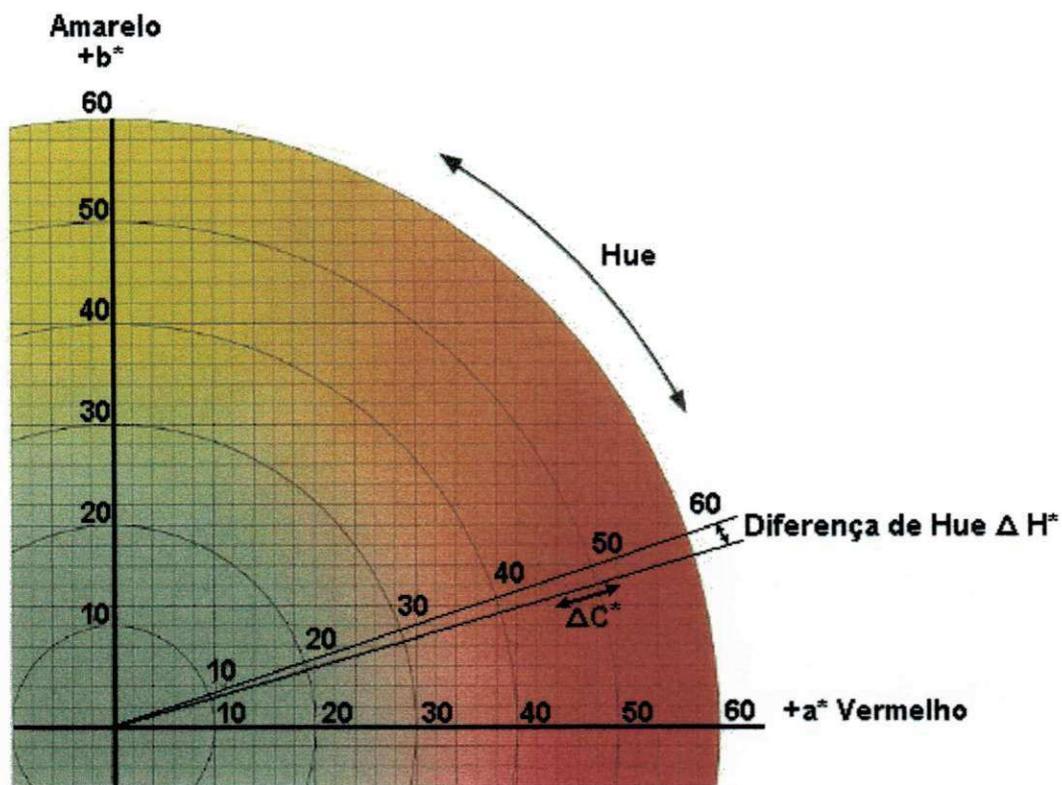


Figura 26. Diagrama de variação da intensidade (C), luminosidade (L) e ângulo Hue (H) da cor dos frutos.

### 3.8. Análise Estatística

O delineamento estatístico usado foi o de parcelas subdivididas com cinco repetições. Cada parcela foi constituída por cinco plantas, sendo uma planta central referente ao tratamento e duas plantas laterais referentes às testemunhas, conforme croqui apresentado abaixo.

Os tratamentos foram representados por cinco tipos diferentes de arquitetura de podas no que se refere a formato, direção e área podada. Estes tratamentos encontram-se detalhados nas Figuras 19 a 24.

As análises estatísticas foram feitas através dos testes F de Snedcor e Tukey aos níveis de 1% e 5% de probabilidade.

Tabela 5. Valores médios da evolução de **L**, **C** e **H**, com o amadurecimento, para a manga *Tommy Atkins*.

Parte \ Parâmetro	Luminosidade	Chroma	Hue
<b>Externa – verde</b> <b>(Do verde escuro para o amarelo)</b>	(+) 45 – 55	(+) 25 – 45	(-) 120 – 80
<b>Externa–vermelha</b> <b>(Do róseo/roxo para o vermelho)</b>	(+) 35 – 45	(+) 10 – 40	(+) 15 – 50
<b>Interna – polpa</b> <b>(Do branco esverdeado para o amarelo alaranjado)</b>	(-) 80 – 60	(+) 45 – 55	(-) 95 – 80

FONTE: Embrapa Agroindustrial Tropical, Fortaleza-CE.

### CROQUI DO EXPERIMENTO

<b>T</b>	<b>2</b>	6	<b>1</b>	<b>T</b>	<b>4</b>	<b>T</b>	<b>3</b>	<b>T</b>	<b>5</b>	<b>T</b>
<b>T</b>	<b>2</b>	6	<b>1</b>	<b>T</b>	<b>4</b>	<b>T</b>	<b>3</b>	<b>T</b>	<b>5</b>	<b>T</b>
<b>T</b>	<b>2</b>	6	<b>1</b>	<b>T</b>	<b>4</b>	<b>T</b>	<b>3</b>	<b>T</b>	<b>5</b>	<b>T</b>
<b>T</b>	<b>2</b>	6	<b>1</b>	<b>T</b>	<b>4</b>	<b>T</b>	<b>3</b>	<b>T</b>	<b>5</b>	<b>T</b>
<b>T</b>	<b>2</b>	6	<b>1</b>	<b>T</b>	<b>4</b>	<b>T</b>	<b>3</b>	<b>T</b>	<b>5</b>	<b>T</b>
<b>Blocos</b>	<b>II</b>	VI	<b>I</b>		<b>IV</b>		<b>III</b>		<b>V</b>	

onde:

**T**, são as testemunhas, sendo **T (6)** as testemunhas escolhidas para análise;

**1, 2, 3, 4, e 5** são os tratamentos representados pelos cinco tipos de poda (Figuras 19 a 24);

**I, II, III, IV, V e VI** são os blocos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Balanço de Radiação de Onda Curta

Observa-se na Tabela 6 que os valores diários médios mensais de radiação global incidente ( $K\downarrow$ ), variaram de  $23,3 \text{ MJ.m}^{-2}$  no mês de setembro de 2001 a  $16,9 \text{ MJ.m}^{-2}$  em janeiro de 2002. Isto é confirmado na Figura 27 onde os maiores valores em setembro, outubro e novembro de 2001 contrastam com aqueles registrados nos meses de janeiro e fevereiro de 2002. Este contraste deve estar associado à incidência mais perpendicular dos raios solares (declinação solar  $\cong$  latitude local) e menor nebulosidade nos primeiros dias de outubro, justificando os maiores valores, enquanto que os menores valores em janeiro e fevereiro podem estar associados à presença de nebulosidade e às precipitações pluviométricas ocorridas nestes meses, 196,0 mm e 47,5 mm, respectivamente. Os valores encontrados estão de acordo com os citados por LEITÃO *et al.* (2000) que, para a mesma região, em 1998 e 1999, registraram médias de  $1100 \text{ W.m}^{-2}$  na primavera e  $880 \text{ W.m}^{-2}$  no outono. LEITÃO *et al.* (2001), também observaram valores diários de radiação global incidente em torno de  $24,8$  e  $21,7 \text{ MJ.m}^{-2}$  para períodos seco e chuvoso em Serra Negra do Norte-RN. FERREIRA *et al.* (2001) registraram médias diárias de  $22,4 \text{ MJ.m}^{-2}$  em 1999 em Carnaubais-RN. Em termos de valores máximos absolutos, registrou-se uma média entre 11:30 e 11:40 horas de  $1259,25 \text{ W.m}^{-2}$  no dia 11 de novembro de 2001, o que correspondeu à cerca de 92% da constante solar ( $1367 \text{ W.m}^{-2}$ ). Embora este valor seja algo pouco comum e, portanto, na maioria das vezes, desconsiderado, o mesmo não foi excluído em nossas análises, tendo em vista que, por ocasião da calibração dos radiômetros usados no experimento, realizada em Campina Grande-PB em 20 de agosto de 2002, aproximadamente no mesmo horário e utilizando-se outro piranômetro de precisão (Eppley PSP), o qual é exclusivamente destinado para fins de comparação e calibração (padrão secundário), também foram registrados, por alguns minutos, valores semelhantes. Naquele instante, observou-se sobre o local nuvens baixas do gênero cúmulos, que certamente pode ter contribuído com reflexão, devido a sua posição, para o aumento da radiação global incidente à superfície. Deste modo, diante da convicção de que, em ambos os casos, os piranômetros operavam corretamente, prova disto é que em nenhum outro momento registraram valores semelhantes a estes, logo, sendo a radiação global elevada,

conseqüentemente também poderão ser elevadas as radiações visível e infravermelha, a exemplo do que foi observado no experimento. É importante observar que as radiações visível e infravermelha, também elevadas naquele instante (11:30 – 11:40 horas), foram medidas por outros piranômetros Eppley (PSP). Embora pouco comuns, estes valores estarão aqui destacados e não simplesmente eliminados, por conveniência, pois poderão representar situações verdadeiras ainda não registradas para intervalos de tempo relativamente pequenos (10 minutos). É também oportuno, relatar que, o verão de 2001/2002, segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM) foi o mais quente dos últimos 147 anos no planeta Terra. Outra informação importante é que no mesmo dia 11 de novembro de 2001, a temperatura máxima em torno dos frutos na arquitetura cálice, foi a mais elevada de todo o período experimental (43 °C).

A Figura 28 mostra a variação média diária da radiação global incidente ( $K_{\downarrow}$ ) durante todo o período experimental. Verifica-se que na região em estudo o comprimento do dia é aproximadamente de 12 horas, com o nascer do Sol ocorrendo próximo às 5:30 horas da manhã e o pôr do Sol por volta das 17:30 horas (hora local). Entre 10:00 horas e 13:00 horas (hora local) os valores da radiação global incidente estiveram sempre acima de  $700 \text{ W.m}^{-2}$ , com exceção do mês de janeiro em função da presença de forte nebulosidade.

Tabela 6. Balanço de radiação de onda curta sobre o dossel de um pomar de mangueiras *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002.

Meses	Valores ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )				Valores percentuais (%)		
	Global	UV	PAR	IR	UV	PAR	IR
Setembro/01	23,3	1,2	10,9	11,3	5,0	46,5	48,4
Outubro/01	22,8	1,2	10,6	11,0	5,1	46,7	48,2
Novembro/01	22,8	1,2	10,8	10,9	5,1	47,2	47,8
Dezembro/01	21,0	0,9	9,9	10,1	4,5	47,4	48,1
Janeiro/02	16,9	0,8	7,9	8,1	4,8	47,0	48,2
Fevereiro/02	20,1	1,0	9,4	9,7	4,8	46,7	48,5
Média	21,2	1,1	9,9	10,2	4,9	46,9	48,2

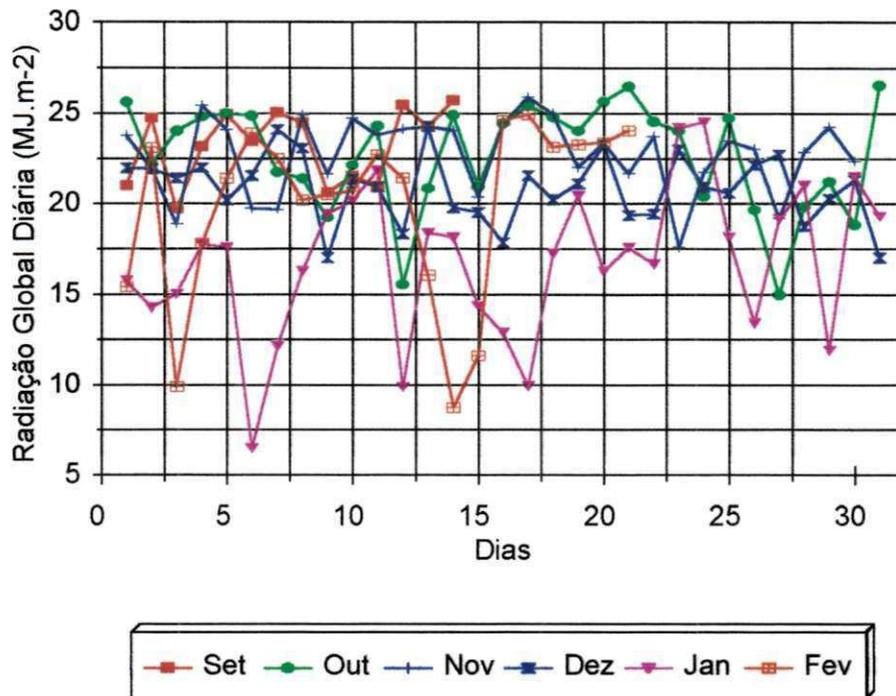


Figura 27. Variação mensal da radiação solar diária ( $K_{\downarrow}$ ) sobre um pomar de mangueiras *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

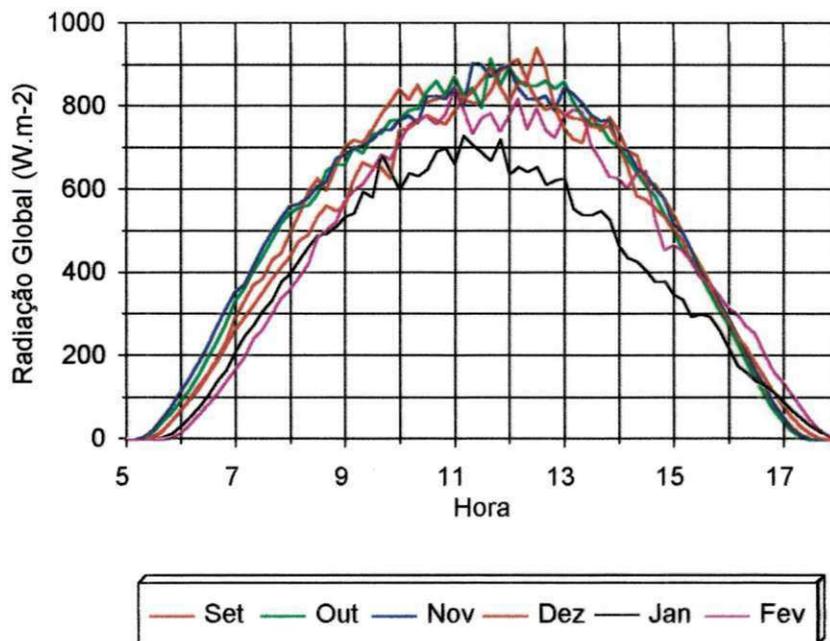


Figura 28. Comportamento médio ao longo do dia da radiação de onda curta incidente ( $K_{\downarrow}$ ) sobre um pomar de mangueiras *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

A Tabela 7 e as Figuras 29 e 30 mostram o comportamento diurno da radiação de onda curta incidente e refletida, pelas diferentes arquiteturas de dossel vegetativo da mangueira *Tommy Atkins*, no ciclo produtivo 2001/2002 em Mossoró-RN. Observa-se nas curvas de radiação de onda curta refletidas, que nos momentos de pico, de 10:00 às 14:00 horas (hora local), os valores da radiação refletida estiveram sempre entre  $100 \text{ W.m}^{-2}$  e  $200 \text{ W.m}^{-2}$  e que os albedos máximos foram registrados nas arquiteturas poda 2V, 19,7% e pirâmide 19,2%. Estes valores altos de reflexão da radiação de ondas curtas estão ligados ao fato de que a planta ao ser podada passa a emitir muitas folhas novas com uma coloração verde claro, de poder refletor mais elevado, que as folhas velhas. Isto também está associado ao ângulo de inclinação da folhagem, resultante do tipo de abertura de copa experimentado. Outra justificativa para os valores encontrados pode ser o fato de o sensor de radiação refletida ter recebido reflexões originadas da superfície exposta do solo descoberto.

As arquiteturas testemunha, poda V e poda 4V não apresentaram diferença significativa nos valores do albedo, as duas primeiras arquiteturas com 17,4% e o dossel 4V com 17,1%. O baixo valor da refletividade da arquitetura 4V pode estar associado à nebulosidade e precipitações ocorridas nos dias 8 e 12 de janeiro de 2002, período em que foram efetuadas as medidas no referido tratamento. A arquitetura tipo cálice foi a que apresentou o menor albedo, 16,4%, provavelmente em função da grande abertura no centro do dossel, que permitiu uma maior penetração da radiação.

As Figuras 29 e 30 mostram, também, que houve uma acentuada nebulosidade entre 9:00 e 14:00 horas (hora local), embora os gráficos “b” e “c” da Figura 30, mostrem ter havido dias com forte nebulosidade do nascer ao pôr do Sol.

A Tabela 7 e as Figuras 31 e 32 mostram a variação diária dos fluxos de radiação de ondas curtas incidente no topo e na base dos diferentes dosséis. Observa-se que a quantidade de radiação que atravessa o dossel e atinge a superfície do solo varia significativamente, dependendo da arquitetura da copa das árvores.

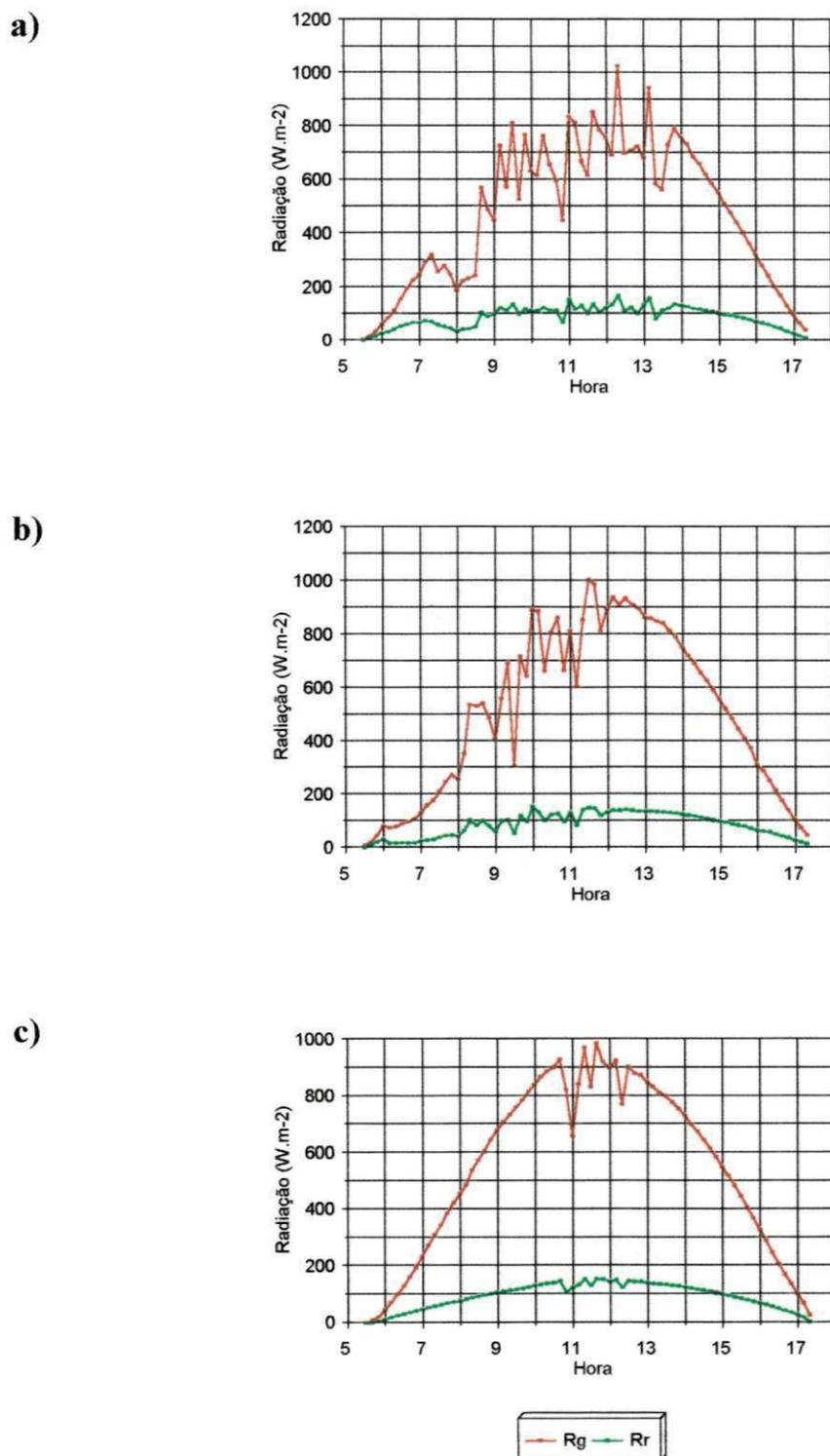
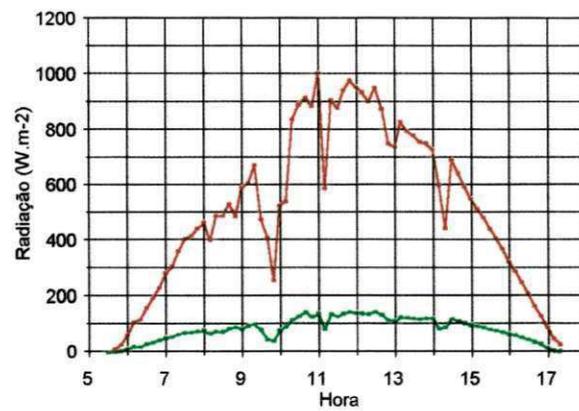
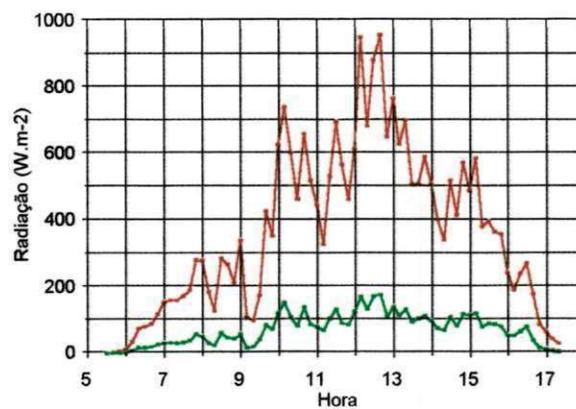


Figura 29. Comportamento diário médio das densidades de fluxo das radiações de onda curta incidente e refletida pela superfície foliar dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

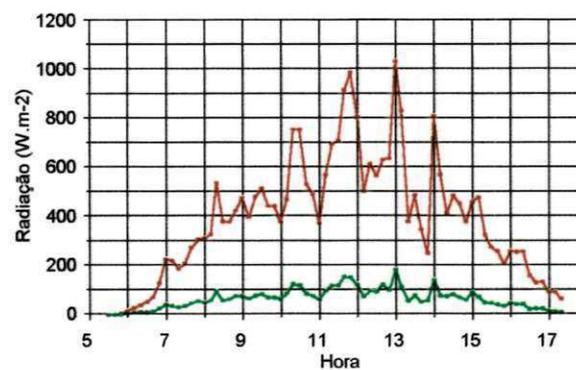
a)



b)



c)



— Rg — Rr

Figura 30. Comportamento diário médio das densidades de fluxo das radiações de onda curta incidente e refletida pela superfície foliar dos dosséis: a) Cálice; b) Poda 2V e c) Poda 4V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Tabela 7. Distribuição percentual da radiação de ondas curtas nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002.

Arquitetura do dossel	Distribuição percentual da radiação		
	Incidente no topo (%)	Refletida no topo (%)	Incidente na base (%)
Pirâmide	100	19,2	32,8
Testemunha	100	17,4	22,0
Poda V	100	17,4	47,3
Cálice	100	16,4	65,0
Poda 2V	100	19,7	59,7
Poda 4V	100	17,1	30,4

O percentual de radiação de onda curta incidente na base, em relação à incidente no topo, variou de 22,0% na testemunha a 65,0% no cálice, com valores intermediários crescentes, dependendo da abertura da copa: 30,4% para a poda 4V; 32,8% para a pirâmide; 47,3% para a poda V e 59,7% para a poda 2V. Estes valores são médias de três dias, obtidas com o sensor de radiação colocado próximo ao tronco das árvores. Foram feitas, também, medidas diárias durante os 152 dias do experimento com quatro sensores localizados em pontos intermediários abaixo da copa, nas direções N, E, S e W, porém somente para três tratamentos, em função da limitação de equipamentos. Os resultados médios encontrados de transmitância foram: 27,4% para a arquitetura pirâmide; 21,1% para a testemunha e 32,4% para o cálice. Estes percentuais, mais uma vez, mostram certa semelhança entre os dosséis pirâmide e testemunha, bem como a maior transmitância do dossel cálice que excedeu em aproximadamente 5% e 11%, respectivamente, as demais. Isto indica que quando o dossel é mais fechado grande parte da radiação é absorvida pelo mesmo, enquanto que quando o dossel apresenta aberturas a penetração da radiação é mais acentuada, com isso chega mais radiação na superfície do solo abaixo das copas.

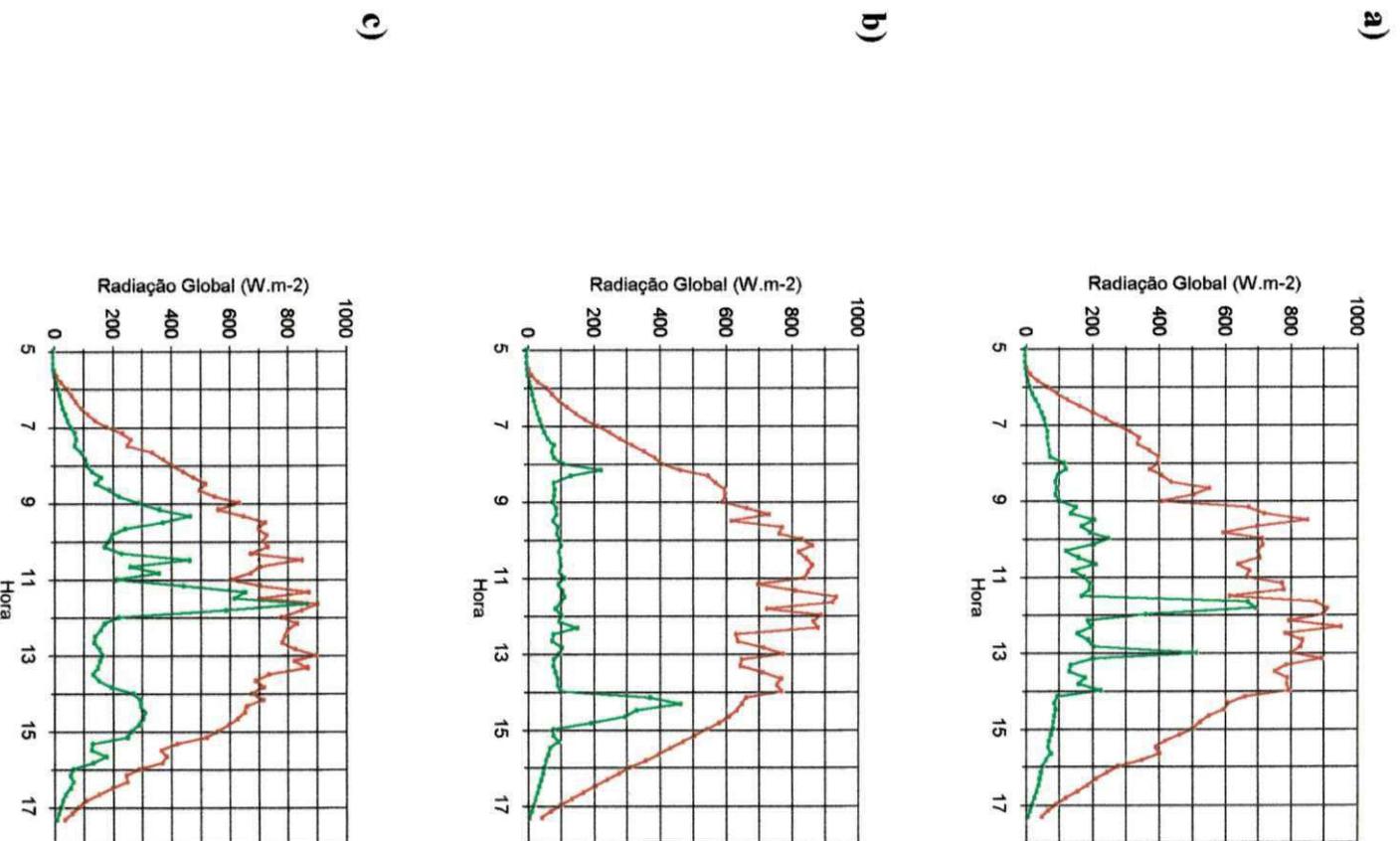


Figura 31. Comportamento diário dos fluxos de radiação de onda curta incidente no topo e radiação de onda curta incidente na base dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

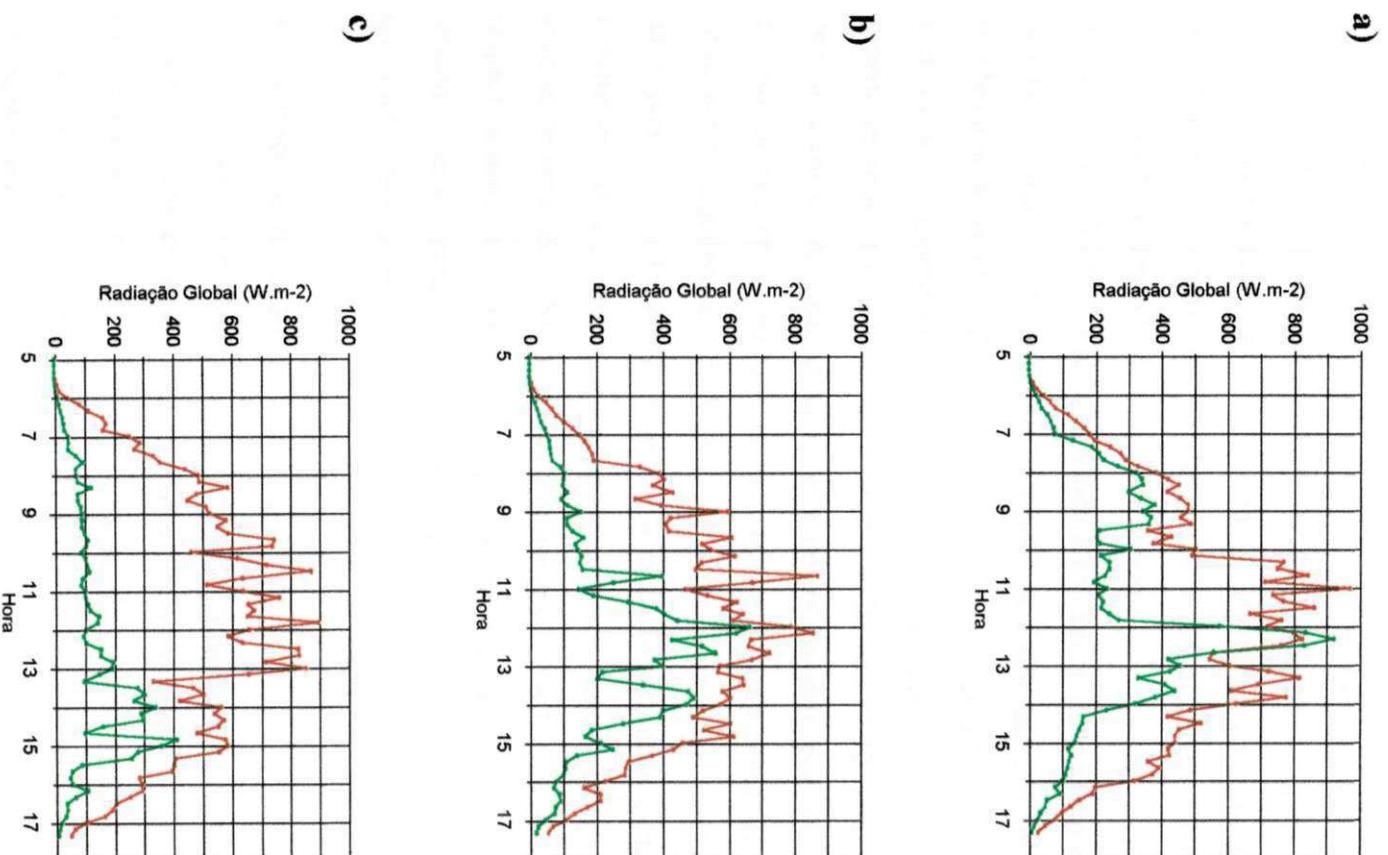


Figura 32. Comportamento diário dos fluxos de radiação de onda curta incidente no topo e radiação de onda curta incidente na base dos dosséis: a) Cálice; b) Poda 2V e c) Poda 4V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

fevereiro foram registrados os menores valores. As Figuras 35 e 36 apresentam o comportamento médio diário dos fluxos de radiação infravermelho incidente e refletido no topo dos seis dosséis estudados. Percebe-se que as curvas do comportamento da radiação refletida não apresentam diferenças significativas e raramente ultrapassaram  $150 \text{ W.m}^{-2}$ . Contudo, na Tabela 8 verifica-se que a radiação infravermelha refletida pela superfície foliar dos diferentes dosséis variou entre 28,9% na arquitetura poda 4V a 34,0% na pirâmide. Observa-se uma ligeira semelhança entre a reflexão do cálice (33,5%) com a pirâmide, e da poda V (29,2%) com a poda 4V. A elevada reflectância da arquitetura pirâmide deve estar associada à grande quantidade de folhas jovens e maior área foliar vista pelo radiômetro, devido à geometria do dossel. Já para o cálice, a grande faixa de superfície de solo gramado pode ter contribuído para a alta reflexão da radiação infravermelha.

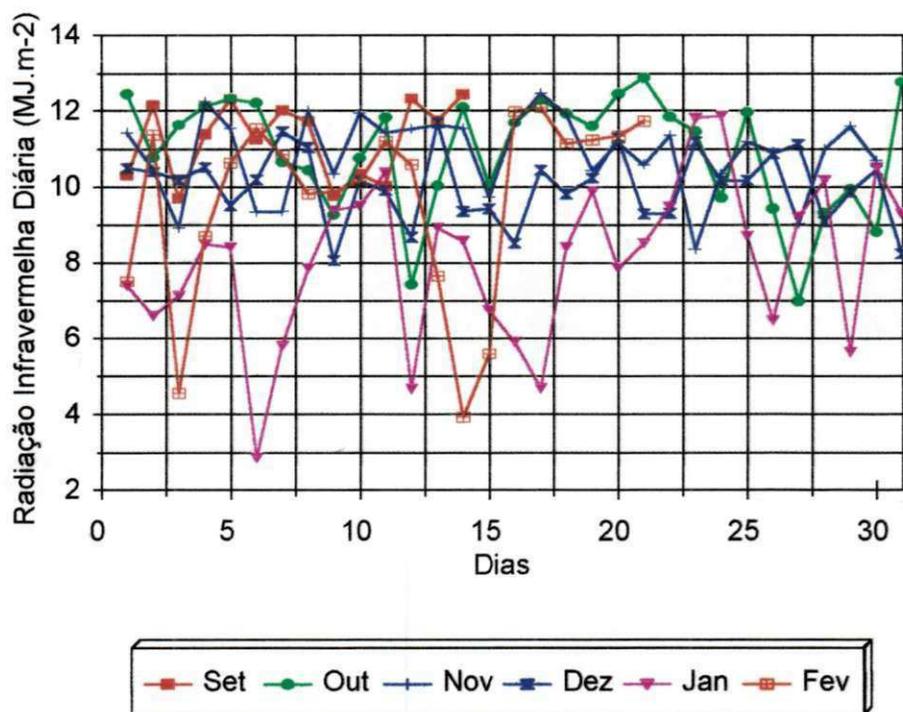


Figura 33. Variação mensal da radiação solar infravermelha incidente ( $IR_{\downarrow}$ ) sobre um pomar de mangueiras *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

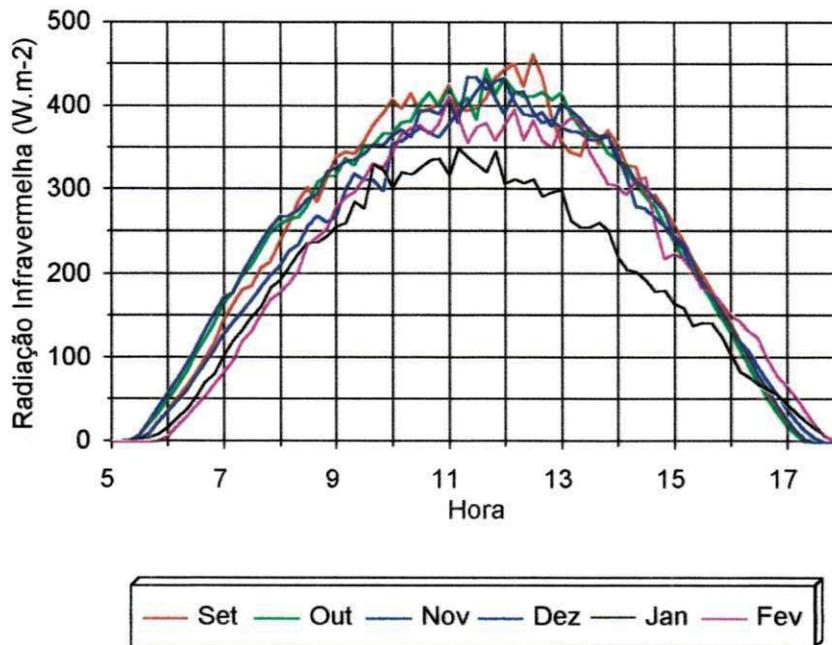
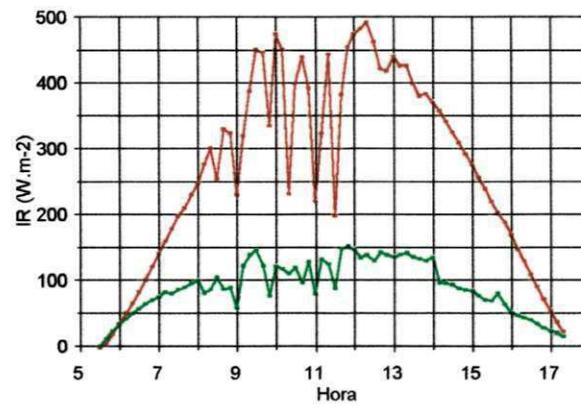


Figura 34. Variação diária média da radiação infravermelha incidente ( $IR_{\downarrow}$ ) sobre um pomar de mangueiras *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

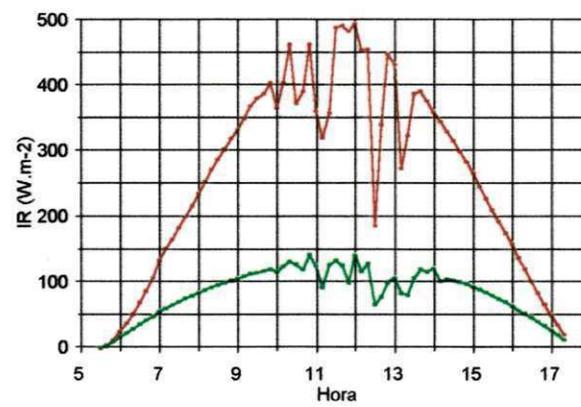
Tabela 8. Distribuição percentual dos fluxos de radiação infravermelha nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002.

Arquitetura do dossel	Distribuição da radiação infravermelha		
	Incidente no topo (%)	Refletida no topo (%)	Incidente na base (%)
Pirâmide	48,2	34,0	62,3
Testemunha	49,0	32,2	43,9
Poda V	48,7	29,2	79,4
Cálice	48,3	33,5	74,3
Poda 2V	47,8	-	70,3
Poda 4V	47,9	28,9	52,5

a)



b)



c)

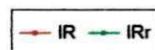
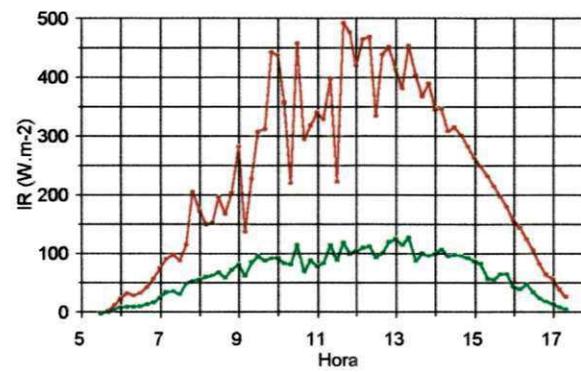


Figura 35. Comportamento diário dos fluxos de radiação infravermelha incidente e refletida no topo dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

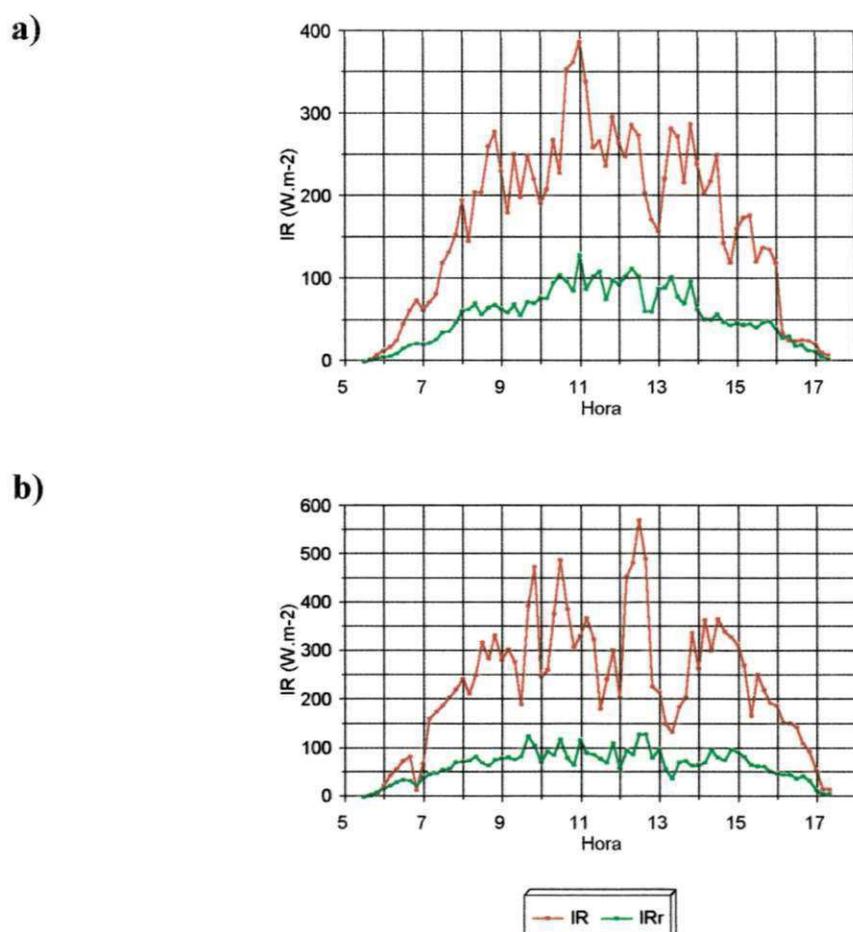


Figura 36. Comportamento diário dos fluxos de radiação infravermelha incidente e refletida no topo dos dosséis: a) Cálice e b) Poda 4V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

As Figuras 37 e 38 mostram o comportamento diário dos fluxos de radiação infravermelha incidente no topo e na base das seis arquiteturas de dosséis estudadas. Analisando as curvas traçadas e a Tabela 8, percebe-se que a testemunha foi quem apresentou menor transmitância, deixando passar apenas 43,9% da radiação infravermelha incidente no topo do dossel vegetativo. As arquiteturas poda V, cálice e poda 2V foram as que mais radiação infravermelha deixaram passar: 79,4%, 74,3% e 70,3% respectivamente. Isto ocorreu em função do grau de abertura de copa. As arquiteturas pirâmide e poda 4V também tiveram transmitância da radiação infravermelha bem mais elevadas que a testemunha. Verifica-se, também, que o comportamento da radiação infravermelha que

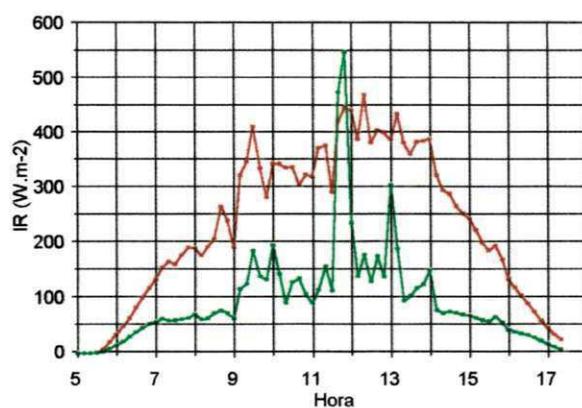
chega à base, depende do posicionamento dos *sunflecks* condicionados pelo tipo de arquitetura e ângulo de elevação do Sol ao longo do dia. Observa-se que para as arquiteturas pirâmide, poda V, cálice e poda 2V houve momentos entre 11:00 e 13:00 horas em que a quantidade de radiação infravermelho que chegou na base, foi maior que aquela que chega no topo do dossel. Isto está ligado ao fato de que, naquele momento, o sensor de radiação que encontrava-se bem próximo ao tronco da árvore, além de receber a radiação direta, em função da abertura da copa, recebia também, as radiações refletidas e/ou emitidas pela folhagem do dossel.

As menores transmitâncias para a pirâmide, testemunha e poda 4V, indicam que os dosséis mais densos dificultam a penetração da radiação infravermelha.

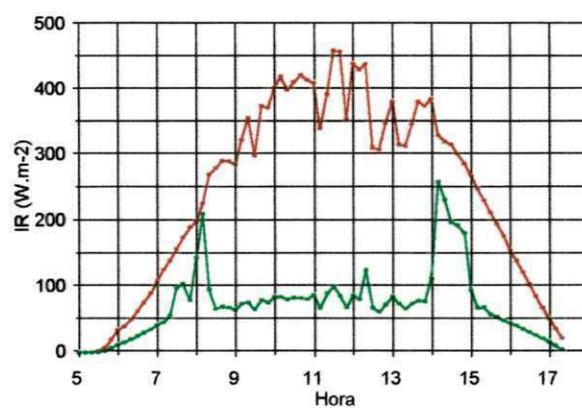
#### 4.3. Balanço de Radiação Fotossinteticamente Ativa

A radiação PAR foi obtida pela diferença entre as radiações de onda curta ( $\lambda \geq 0,4 \mu\text{m}$ ) e infravermelho próximo ( $0,7 \leq \lambda \leq 3,0 \mu\text{m}$ ) incidentes no topo. Da mesma maneira, para determinação da radiação fotossinteticamente ativa refletida, efetuou-se a diferença entre a radiação de onda curta ( $\lambda \geq 0,4 \mu\text{m}$ ) refletida e a radiação infravermelha refletida. A Figura 39 mostra o comportamento dos fluxos de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) durante o experimento. Vê-se que a maioria dos valores diários estiveram entre 7,0 e 12,0  $\text{MJ.m}^{-2}$ , exceto os valores de alguns dias dos meses de janeiro e fevereiro de 2002, que ficaram abaixo da média de 7,0  $\text{MJ.m}^{-2}$ . A Tabela 6 mostra que os valores de PAR durante o período experimental, em média, representaram cerca de 47% da radiação de onda curta incidente. Os valores médios diários estiveram, em todos os meses, próximos a 10,0  $\text{MJ.m}^{-2}$ , exceção feita a janeiro de 2002. O valor máximo registrado durante a campanha de campo foi 587,96  $\text{W.m}^{-2}$ , correspondente à média dos dez minutos entre 11:30 horas e 11:40 horas (hora local), do dia 11 de novembro de 2001.

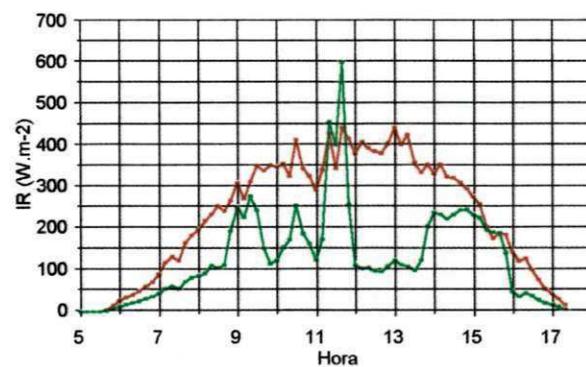
a)



b)



c)



— IR topo — IR base

Figura 37. Comportamento diário dos fluxos de radiação infravermelha incidente no topo e radiação infravermelha incidente na base dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

vegetativo das árvores. A arquitetura cálice apresentou a maior transmitância para a radiação PAR (38,2%), seguida da poda 2V (28,3%) e poda V (22,5%), contrastando com as arquiteturas de maior massa foliar: poda 4V, pirâmide e testemunha que apresentaram as menores transmitâncias, 18,7%, 10,4% e 7,4%, respectivamente. O comportamento da radiação PAR incidente na base obedece, praticamente, a mesma tendência apresentada pelas as radiações de onda curta e infravermelho. Ou seja, a quantidade de radiação que chegou à base variou ao longo do dia com a posição dos *sunflecks* e com o ângulo de elevação do Sol.

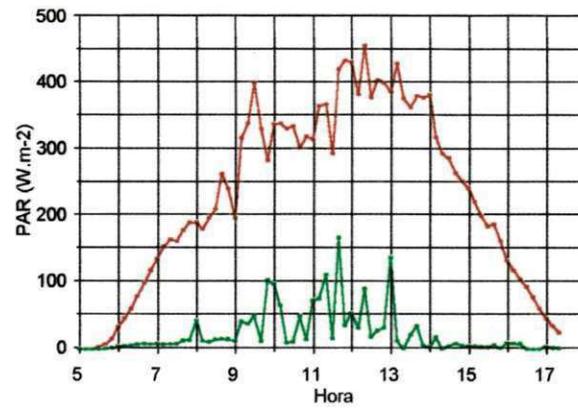
Para os dosséis mais abertos, o comportamento da radiação que chega à base apresentou maiores variações, enquanto para a testemunha variou muito pouco, ocorrendo apenas dois picos, um por volta das 8:00 horas e outro entre 14:00 e 15:00 horas. A poda 4V apresentou os maiores valores, também entre 14:00 e 15:00 horas.

#### 4.4. Balanço de Radiação Ultravioleta

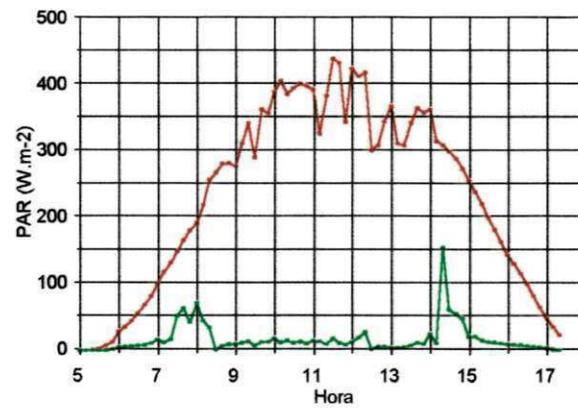
A Tabela 6 e a Figura 45 mostram a variação mensal da radiação ultravioleta incidente sobre os dosséis de mangueira *Tommy Atkins* estudados. Percebe-se que o fluxo diário de UV variou ao longo dos meses entre 0,8 e 1,2 MJ.m<sup>-2</sup>. No entanto, registrou-se um máximo médio de 125 W.m<sup>-2</sup> entre 6:50 e 7:00 horas do dia 23 de janeiro de 2002. Os valores diários da radiação UV estiveram na maioria dos dias entre 1,0 MJ.m<sup>-2</sup> e 1,3 MJ.m<sup>-2</sup> nos meses de setembro, outubro e novembro; porém, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro estiveram, na maioria dos dias, abaixo de 1,0 MJ.m<sup>-2</sup>.

A Figura 46 apresenta o comportamento médio diário da radiação ultravioleta nos 152 dias da campanha experimental (17/09/2001 a 21/02/2002). Observa-se que os maiores valores ocorreram entre 10:00 e 12:00 horas e foram um pouco maiores nos meses de outubro e novembro, possivelmente em função de que nessa época os raios solares incidem mais perpendicularmente sobre a região. Já nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro os menores valores devem estar associados à grande nebulosidade ocorrida no período. Em termos percentuais, a radiação ultravioleta que chegou à superfície, correspondeu em média a 5% da radiação de onda curta incidente.

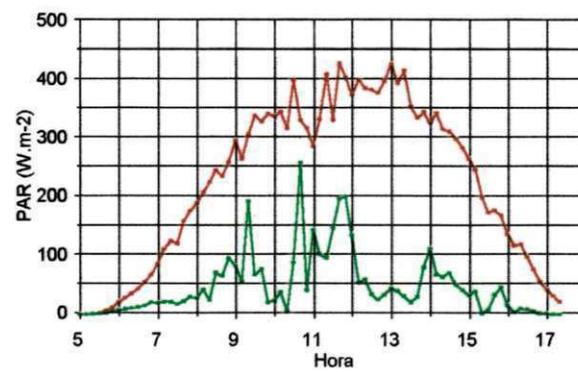
a)



b)



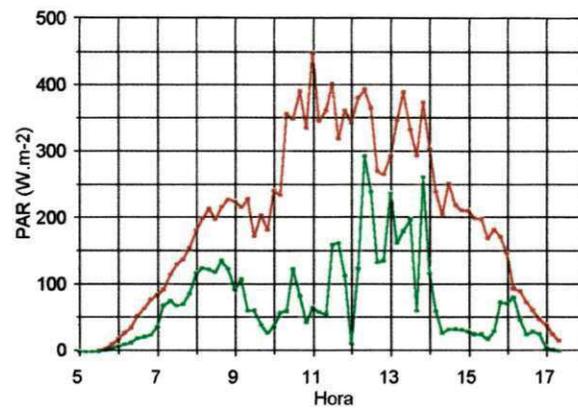
c)



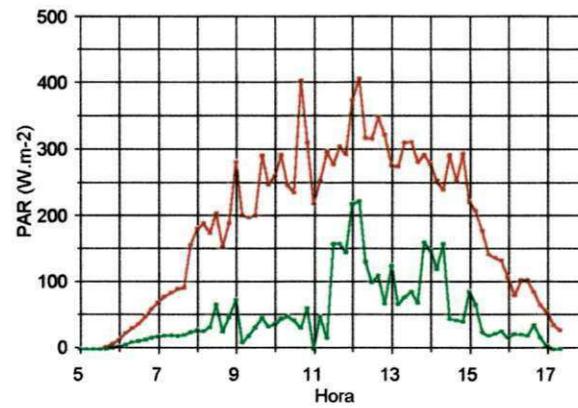
— PAR topo — PAR base

Figura 43. Comportamento diário dos fluxos de PAR incidente no topo e na base dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

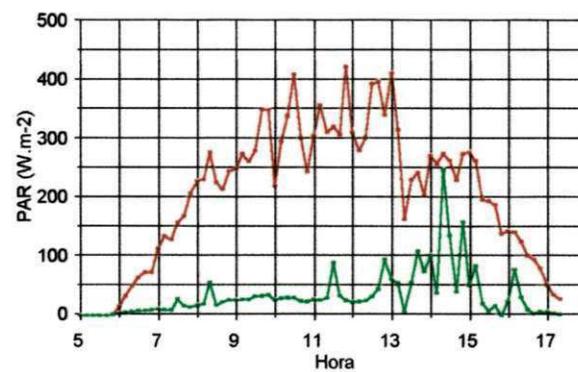
a)



b)



c)



— PAR topo — PAR base

Figura 44. Comportamento diário dos fluxos de PAR incidente no topo e na base dos dosséis: a) Cálice; b) Poda 2V e c) Poda 4V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

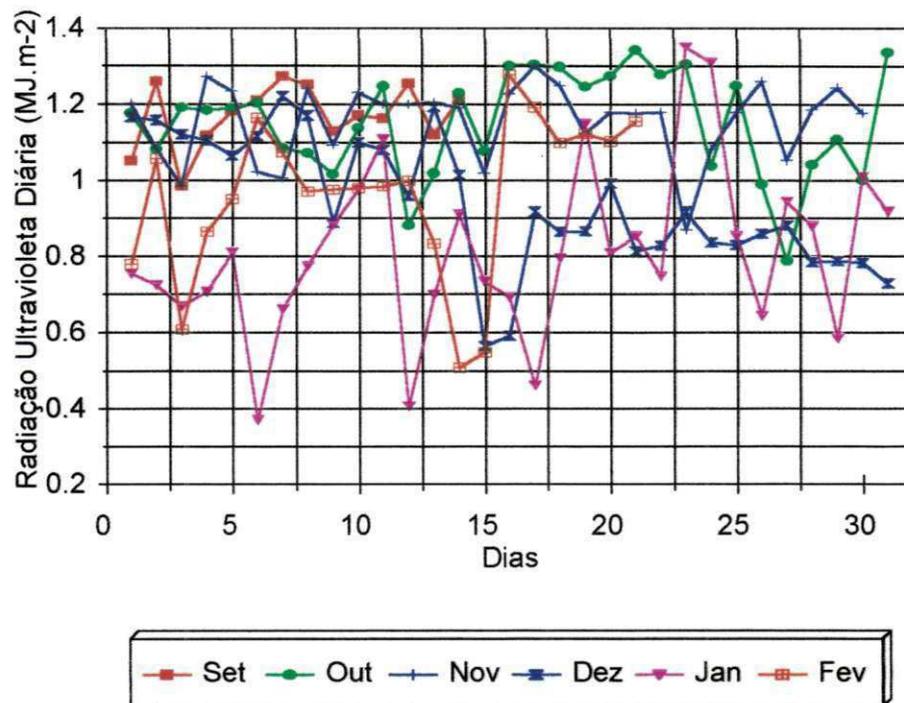


Figura 45. Variação mensal da radiação ultravioleta incidente ( $UV\downarrow$ ) sobre um pomar de mangueiras *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

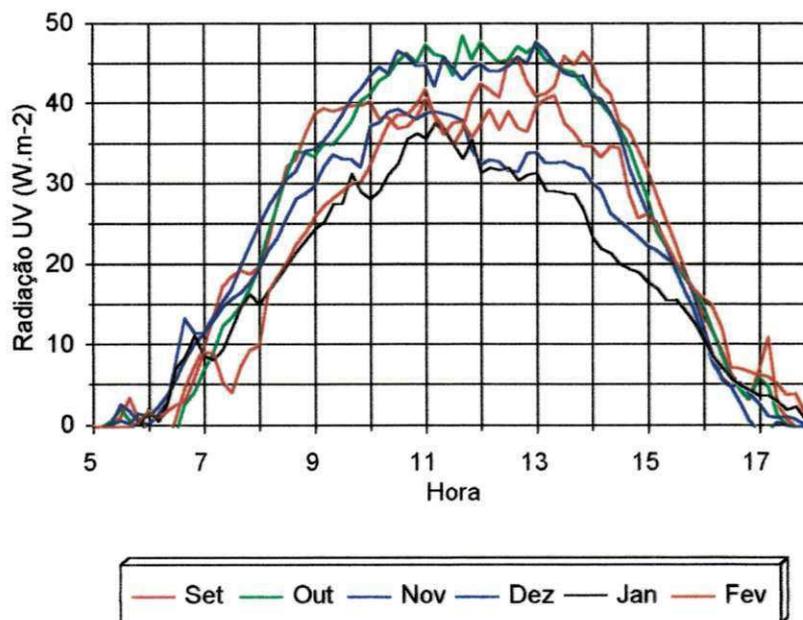


Figura 46. Variação diária média da radiação ultravioleta incidente ( $UV\downarrow$ ) sobre um pomar de mangueiras *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

A Tabela 10 mostra para cada dossel os percentuais de UV incidente no topo e na base em relação ao total de UV incidente no topo, os quais representam médias de três dias entre os meses de dezembro de 2001 e janeiro de 2002. Vê-se que os dosséis com abertura de copa foram os que deixaram passar maior quantidade de radiação ultravioleta, com o máximo de transmitância ocorrendo na poda 2V (90,1%) e o mínimo na poda 4V (4,9%). A grande nebulosidade, nos dias de medições no tratamento 4V, deve ter contribuído para a baixa transmitância da radiação UV neste dossel.

Tabela 10. Distribuição percentual dos fluxos de radiação ultravioleta nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002.

Arquitetura do dossel	Distribuição da radiação ultravioleta	
	UV incidente no topo (%)	UV incidente na base (%)
Pirâmide	4,1	54,4
Testemunha	4,0	21,1
Poda V	4,0	57,3
Cálice	4,2	39,8
Poda 2V	4,3	90,1
Poda 4V	4,7	4,9

#### 4.5. Albedo

A Tabela 11 mostra os valores médios diários do albedo da superfície foliar das seis arquiteturas de dosséis estudadas. Observa-se que as arquiteturas poda 2V e pirâmide foram as que refletiram mais radiação de ondas curtas, com albedos médios em torno de 19,7% e 19,2%, respectivamente, enquanto o cálice foi o dossel que refletiu menos, apenas 16,4% da radiação de ondas curtas incidente no topo. As demais arquiteturas apresentaram praticamente o mesmo albedo, 17%. Já os maiores valores do albedo infravermelho foram registrados na pirâmide (34%) e no cálice (33,5%) e os menores nas podas V e 4V,

próximos a 29%. O albedo PAR em todas as arquiteturas apresentou valores médios muito baixos (< 3,0%), com exceção da poda V (5,9%) e poda 4V (11,8%). No entanto, acredita-se que esses valores podem ter sido influenciados pela grande nebulosidade e as precipitações pluviométricas ocorridas nos dias destas medidas.

Tabela 11. Albedo médio diário observado na superfície foliar das diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002.

Arquitetura do dossel	Tipo de albedo		
	Ondas curtas (%)	Infravermelho (%)	PAR (%)
Pirâmide	19,2	34,0	0,7
Testemunha	17,4	32,2	2,2
Poda V	17,4	29,2	5,9
Cálice	16,4	33,5	0,2
Poda 2V	19,7	-	-
Poda 4V	17,1	28,9	11,8

Em termos de comportamento diário do albedo, mostrado nas Figuras 47 e 48, os dados representam valores médios observados em intervalos de 10 minutos. Percebe-se que todos os gráficos apresentam uma tendência natural de comportamento em “U”, com os maiores valores ocorrendo no início e final do dia e os menores próximo ao meio dia. Observa-se ainda que os dosséis pirâmide e testemunha, por terem uma maior densidade foliar, apresentam uma variação de albedo mais ou menos constante nas primeiras e últimas horas do dia, e bem mais definida que os demais dosséis, devido a estes últimos apresentarem aberturas mais acentuadas. Deste modo, as variações nas curvas do comportamento do albedo, estão ligadas diretamente ao tipo de abertura de copa usado.

#### 4.6. Relação Onda Curta/Infravermelha/PAR

A Figura 49 mostra o comportamento médio diário dos componentes do balanço de radiação de onda curta para os 158 dias do experimento. Observa-se a superioridade da radiação de onda curta durante todo o período experimental, porém houve vertiginosas

quedas em alguns dias no final do período, as quais foram acompanhadas pelas radiações infravermelha e PAR, em função da grande nebulosidade ocorrida. Aliás, estas últimas apresentaram comportamento similar durante toda a campanha de campo, representando em média, respectivamente, 48,2% e 46,9% da radiação de onda curta incidente no topo dos dosséis. A radiação ultravioleta teve comportamento praticamente constante ao longo do período estudado e correspondeu, em média, a 4,9% da radiação de onda curta incidente.

Em virtude da dificuldade em se obter dados das radiações ultravioleta, PAR e infravermelha para a região estudada, efetuou-se uma análise de regressão linear para se estimar estas em função da radiação de ondas curtas incidente. Estas análises encontram-se na Tabela 12 e Figura 50, que mostra como ocorre a distribuição dos totais de UV, PAR e IR diários versus  $R_g$ . Os melhores ajustes foram encontrados para as radiações infravermelha e PAR, com  $R^2$  de 0,99, enquanto que para a radiação ultravioleta  $R^2$  foi menor, próximo a 0,84.

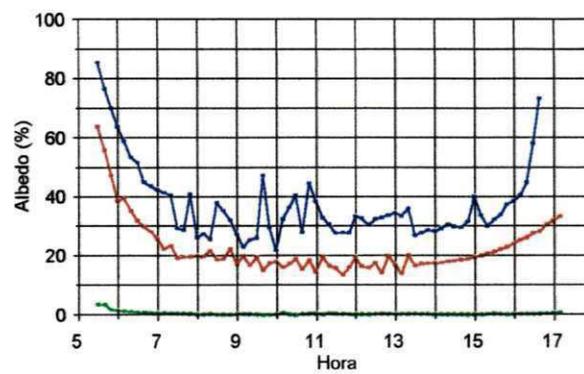
Tabela 12. Resultados da regressão linear entre os valores diários, da radiação de onda curta e as radiações infravermelha, fotossinteticamente ativa e ultravioleta sobre o dossel vegetativo da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002.

Tipo de radiação	Regressão	Coeficientes			
		a	b	$R^2$	SEE ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )
Infravermelho	$R_g \times \text{IR}$	0,4921	-0,2199	0,9919	0,17
PAR	$R_g \times \text{PAR}$	0,4579	0,2468	0,9919	0,16
Ultravioleta	$R_g \times \text{UV}$	0,0499	-0,0193	0,8415	0,09

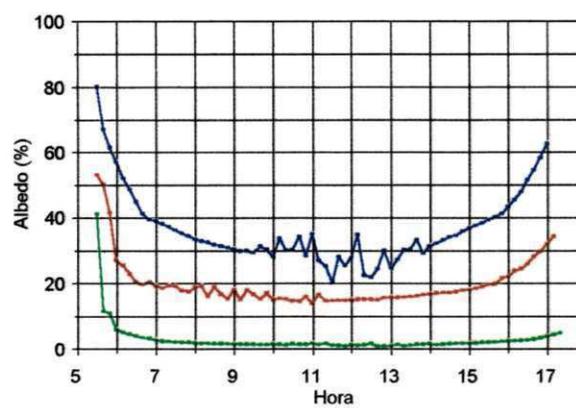
#### 4.7. Absortividade, Refletividade e Transmissividade

A Tabela 13 dá uma idéia de como os fluxos de radiação de onda curta, infravermelha e PAR foram refletidos, absorvidos e transmitidos pelas diferentes arquiteturas de dosséis testadas. Observa-se que os dosséis mais densos absorveram mais radiação fotossinteticamente ativa (PAR) que aqueles com abertura na copa, exceto o dossel 4V porque no período de realização das medidas houve influência da chuva.

a)



b)



c)

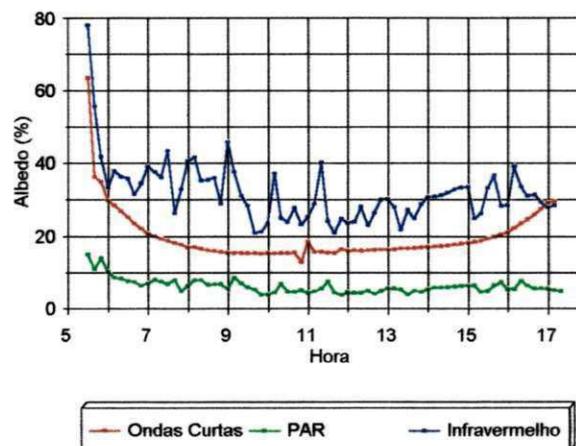
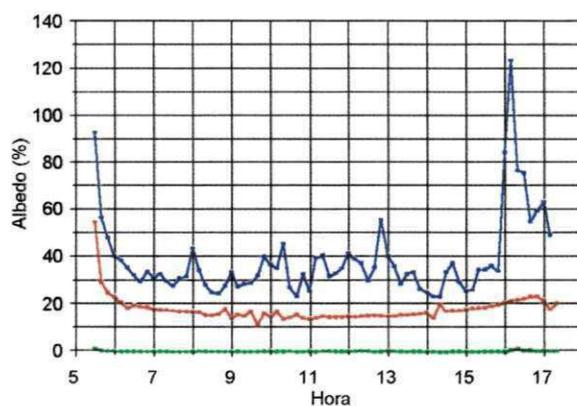


Figura 47. Comportamento diário do albedo de onda curta, infravermelho e PAR dos dosséis: a) Pirâmide; b) Testemunha e c) Poda V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)



b)

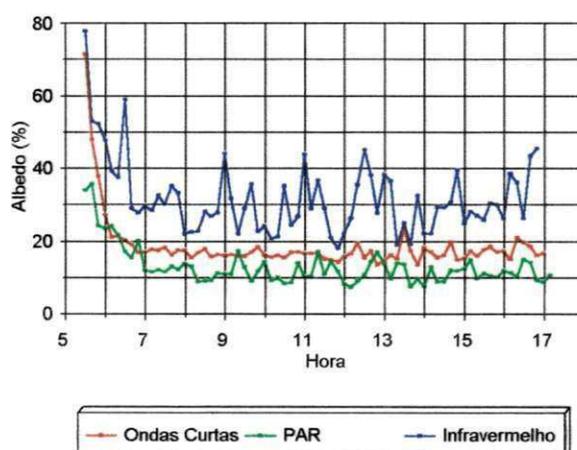


Figura 48. Comportamento diário do albedo de onda curta, infravermelho e PAR dos dosséis: a) Cálice e b) Poda 4V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

As maiores absorções foram registradas na testemunha (90,4%) e na arquitetura pirâmide (88,9%). Por outro lado, as menores absorções de PAR foram verificadas nos dosséis mais abertos. O cálice foi a arquitetura de copa que menos absorveu PAR (61,6%). As Figuras 51 a 56 também dão uma idéia do comportamento, em termos percentuais, dos fluxos  $R_g$ , IR e PAR absorvido, refletido e transmitido, nas diferentes arquiteturas de dosséis estudadas.

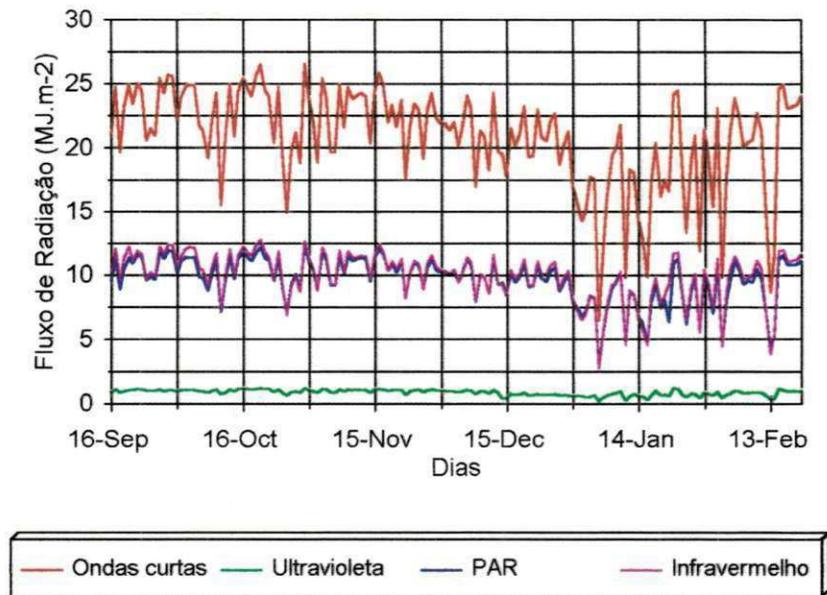


Figura 49. Variação estacional das radiações de onda curta, PAR, infravermelha e ultravioleta incidente sobre um pomar de mangueiras *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

Tabela 13. Valores percentuais de absorvidade (a), refletividade (r) e transmissividade (t) observados nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002.

Arquitetura do dossel	Distribuição dos fluxos								
	Ondas curtas (%)			Infravermelho (%)			PAR (%)		
	r	a	t	r	a	t	r	a	T
Pirâmide	19,2	48,0	32,8	34,0	3,7	62,3	0,7	88,9	10,4
Testemunha	17,4	60,6	22,0	32,2	23,9	43,9	2,2	90,4	7,4
Poda V	17,4	35,3	47,3	-	-	-	5,9	71,6	22,5
Cálice	16,4	18,6	65,0	-	-	-	0,2	61,6	38,2
Poda 2V	19,7	20,6	59,7	-	-	-	2,2	69,5	28,3
Poda 4V	17,1	52,5	30,4	28,9	18,6	52,5	11,8	69,5	18,7

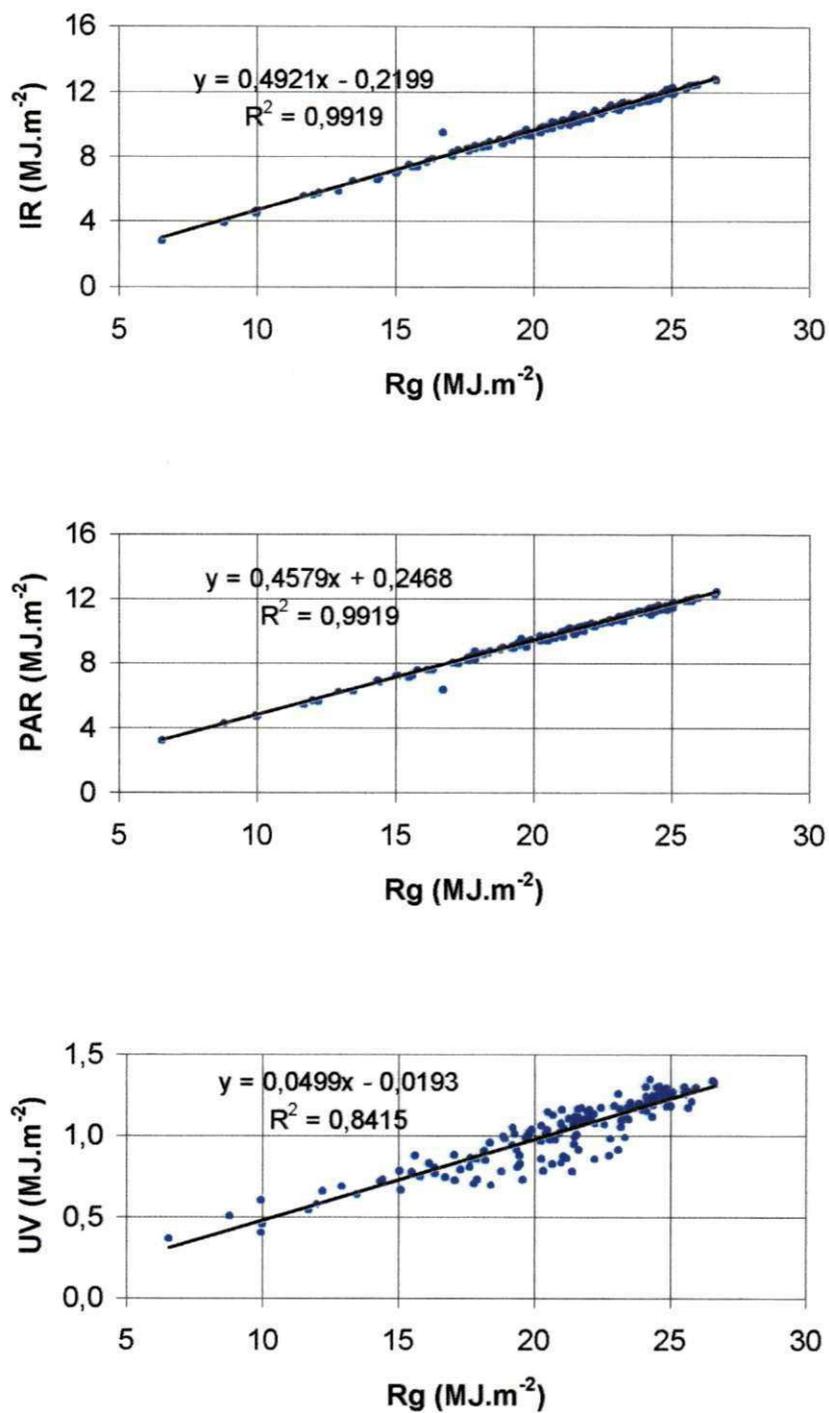
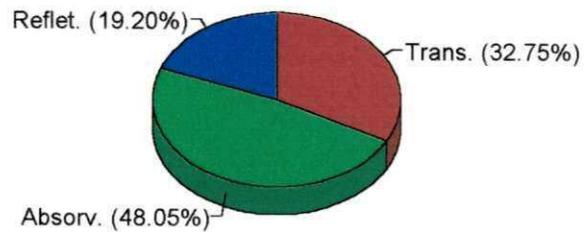


Figura 50. Relação entre os valores diários da radiação de onda curta e as radiações infravermelha (IR), fotossinteticamente ativa (PAR) e ultravioleta (UV) sobre o dossel da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

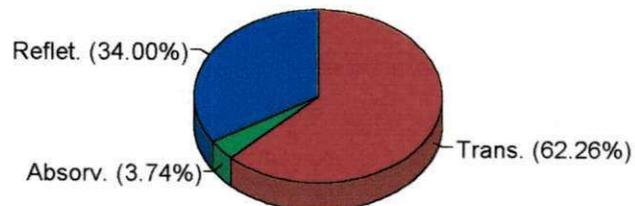
a)

## FLUXO DE ONDAS CURTAS



b)

## FLUXO DE INFRAVERMELHO



c)

## FLUXO DE PAR

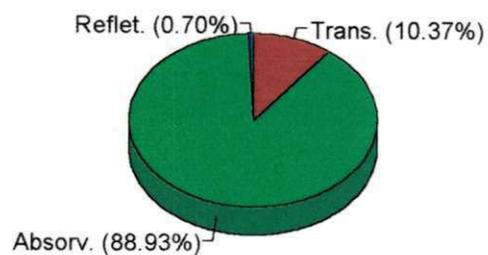
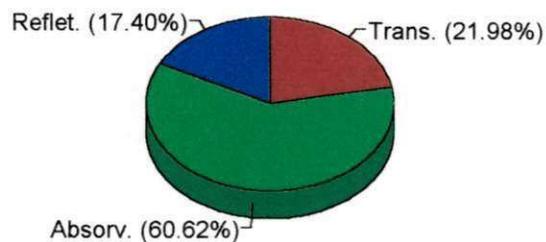


Figura 51. Absortividade, refletividade e transmissividade dos fluxos: a) de onda curta, b) infravermelho e c) PAR, pelo dossel da arquitetura pirâmide da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

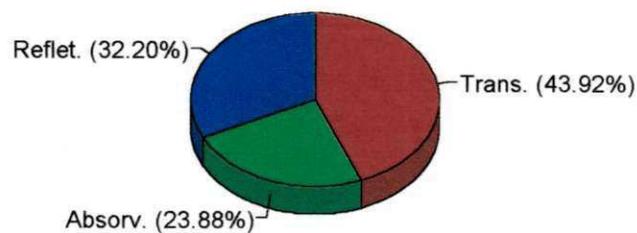
a)

## FLUXO DE ONDAS CURTAS



b)

## FLUXO DE INFRAVERMELHO



c)

## FLUXO DE PAR

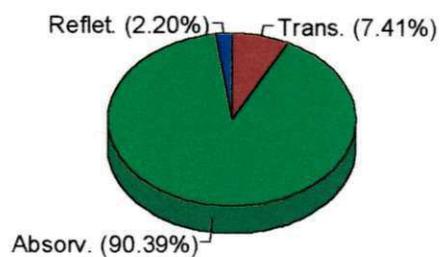
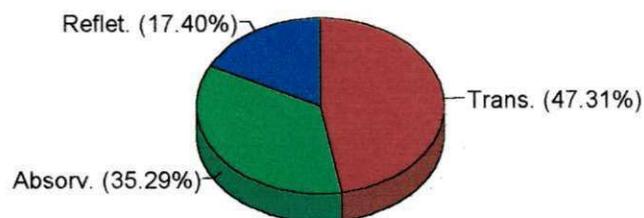


Figura 52. Absortividade, refletividade e transmissividade dos fluxos: a) de onda curta, b) infravermelho e c) PAR, pelo dossel da testemunha da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)

## FLUXO DE ONDAS CURTAS



b)

## FLUXO DE PAR

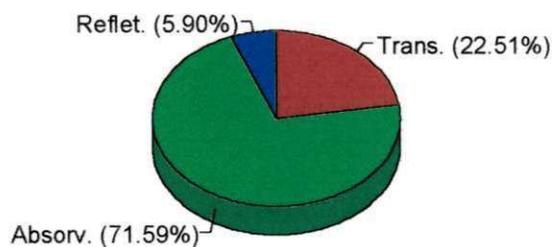
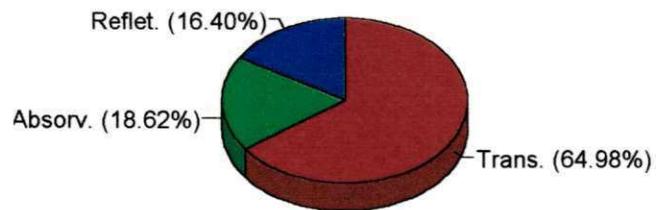


Figura 53. Absortividade, refletividade e transmissividade dos fluxos: a) de onda curta e b) PAR, pelo dossel da poda V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Os dados de radiação infravermelha foram prejudicados em função das fortes chuvas caídas no local, nos dias em que estavam sendo efetuadas as medidas nos tratamentos poda V, cálice e poda 2 V, coincidentemente, os dosséis com maiores aberturas.

a)

## FLUXO DE ONDAS CURTAS



b)

## FLUXO DE PAR

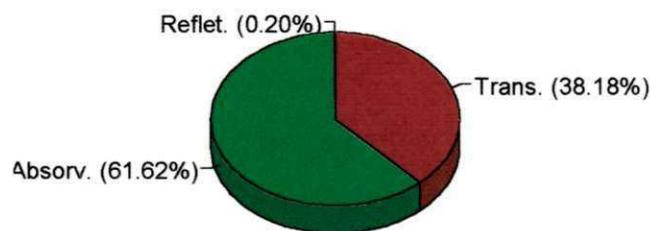
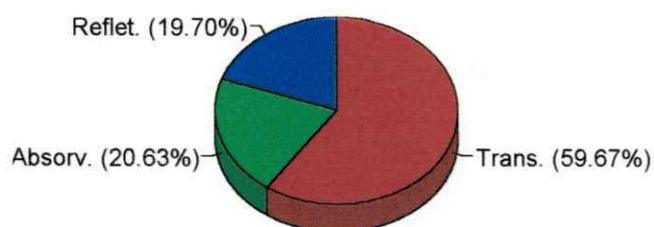


Figura 54. Absortividade, refletividade e transmissividade dos fluxos: a) de onda curta e b) PAR, pelo dossel do cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)

## FLUXO DE ONDAS CURTAS



b)

## FLUXO DE PAR

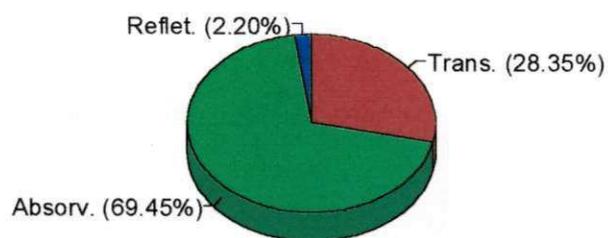


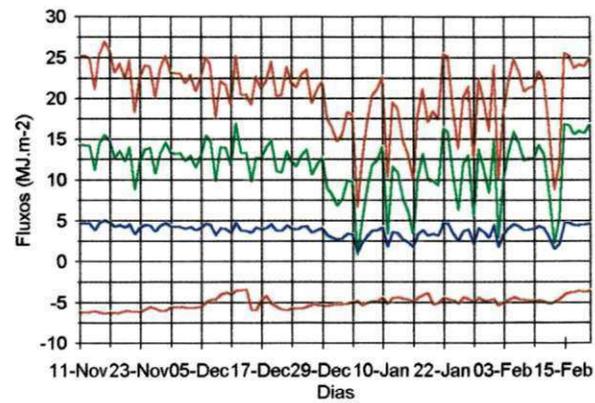
Figura 55. Absortividade, refletividade e transmissividade dos fluxos: a) de onda curta e b) PAR, pelo dossel da poda 2V da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

#### 4.8. Balanço Total de Radiação

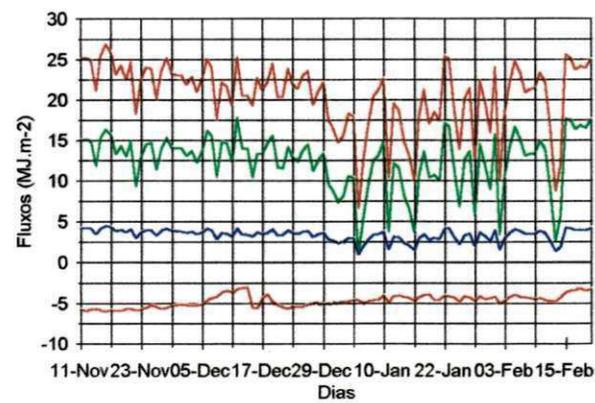
Como não foi possível obter-se equipamentos para serem instalados em todos os tratamentos, o balanço de radiação foi efetuado apenas em três dos dosséis estudados: pirâmide, testemunha e cálice, a partir de 12 de novembro de 2001 a 21 de fevereiro de 2002. As Figuras 57 e 58 mostram o comportamento médio dos fluxos de radiação de onda curta incidente e refletida ( $K_{\downarrow} = R_g$  e  $K_{\uparrow} = R_r$ ), saldo de radiação ( $Q^*$ ) e saldo de radiação de ondas longas ( $L^*$ ), durante o período experimental. Percebe-se que há um perfeito sincronismo entre as curvas de radiação de ondas curtas incidente e a curva do saldo de radiação, o que indica uma excelente correlação entre esses dois parâmetros. Com isto, para locais que não apresentem diferenças climáticas significativas, conhecendo-se esta relação, é possível estimar o saldo de radiação com razoável precisão a partir da radiação de ondas curtas.

Na Tabela 14 são apresentados os resultados das regressões do saldo de radiação ( $Q^*$ ) contra a radiação de onda curta incidente ( $K_{\downarrow} = R_g$ ) e o saldo de radiação de onda curta ( $K_{\downarrow} - K_{\uparrow}$  ou  $R_g - R_r$ ). Todos os coeficientes de determinação apresentaram valores próximos da unidade, com erro padrão da estimativa consideravelmente pequeno. Como o saldo de radiação é usado, normalmente, para fins diários, a Tabela 15 contém os resultados das regressões referentes às mesmas interações citadas anteriormente, porém usando-se dados diários. Mesmo os valores dos coeficientes de determinação tendo diminuído, as correlações encontradas continuaram altas com  $R^2$  próximos a 0,95 para as duas estimativas efetuadas. O erro padrão da estimativa ficou em torno de  $0,76 \text{ MJ.m}^{-2}$ , aproximadamente, o mesmo verificado para a análise com dados de 10 em 10 minutos, uma vez que na primeira análise os dados foram expressos em  $\text{W.m}^{-2}$ , enquanto que as médias diárias foram transformadas para  $\text{MJ.m}^{-2}$ . Na primeira análise foram usados 7696 pares de dados, e na segunda, como se tratou de totais diários, apenas 102 pares. Mesmo assim, o grau de correlação entre os dados testados não apresentou grande variação. As Figuras 59 e 60 mostram o grau de precisão das estimativas de  $Q^*$  em função da radiação de ondas curtas incidente, com os dados observados distribuídos ao longo da reta de tendência, confirmando, assim, a existência de uma perfeita regressão linear entre  $Q^*$  e  $K_{\downarrow} = R_g$ . Na primeira regressão percebe-se uma menor dispersão dos dados em torno da reta de ajuste em função da menor frequência nas leituras e o maior número de dados da amostra.

a)



b)



c)

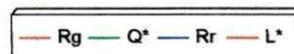
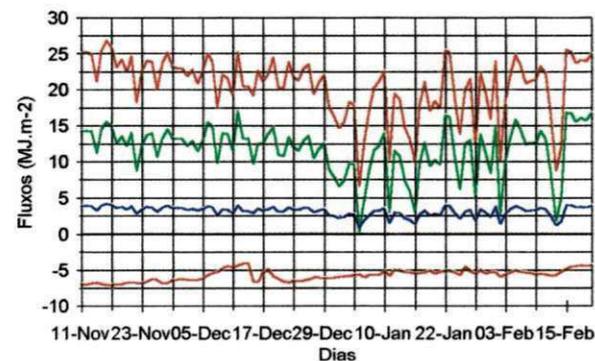
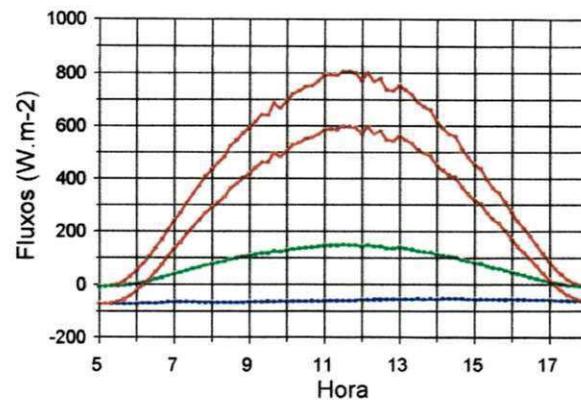
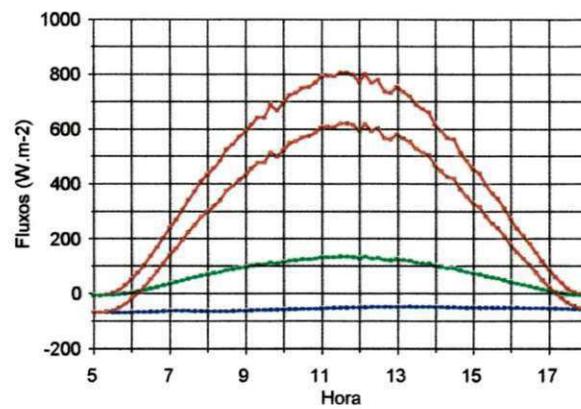


Figura 57. Variação do comportamento do balanço diário de radiação durante o período de observação para cada dossel estudado: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)



b)



c)

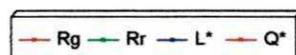
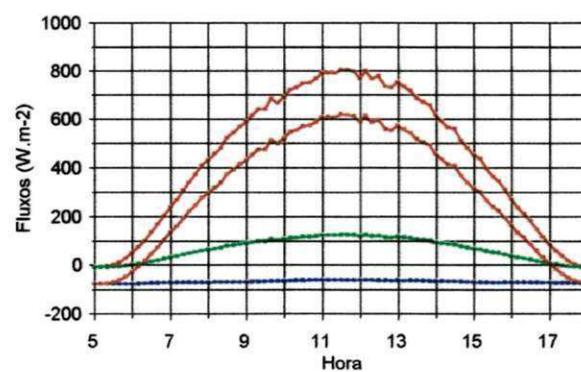


Figura 58. Variação média diária dos comportamentos do balanço de radiação para cada dossel estudado: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Tabela 14. Resultados da regressão linear entre os valores médios de dez em dez minutos, de  $Q^*$  contra  $K_{\downarrow}$  e  $K_{\downarrow}-K_{\uparrow}$ , nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002.

Arquitetura do dossel	Regressão $Q^* = a + b K_{\downarrow}$	Coeficientes			
		a	b	$R^2$	SEE ( $W.m^{-2}$ )
Pirâmide	$Q^* \times K_{\downarrow}$	-55,6	0,815	0,995	17,8
	$Q^* \times (K_{\downarrow}-K_{\uparrow})$	-55,6	1,008	0,995	17,8
Testemunha	$Q^* \times K_{\downarrow}$	-53,5	0,837	0,995	17,7
	$Q^* \times (K_{\downarrow}-K_{\uparrow})$	-53,5	1,013	0,995	17,7
Cálice	$Q^* \times K_{\downarrow}$	-65,6	0,849	0,996	17,4
	$Q^* \times (K_{\downarrow}-K_{\uparrow})$	-65,6	1,015	0,996	17,4

Tabela 15. Resultados da regressão linear entre os valores diários, de  $Q^*$  contra  $K_{\downarrow}$  e  $K_{\downarrow}-K_{\uparrow}$ , nas diferentes arquiteturas do dossel vegetativo da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002.

Arquitetura do dossel	Regressão $Q^* = a + b K_{\downarrow}$	Coeficientes			
		a	b	$R^2$	SEE ( $MJ.m^{-2}$ )
Pirâmide	$Q^* \times K_{\downarrow}$	-4,4	0,790	0,951	0,76
	$Q^* \times (K_{\downarrow}-K_{\uparrow})$	-4,4	0,978	0,951	0,76
Testemunha	$Q^* \times K_{\downarrow}$	-4,2	0,813	0,955	0,75
	$Q^* \times (K_{\downarrow}-K_{\uparrow})$	-4,2	0,984	0,955	0,75
Cálice	$Q^* \times K_{\downarrow}$	-4,9	0,811	0,954	0,76
	$Q^* \times (K_{\downarrow}-K_{\uparrow})$	-4,9	0,971	0,954	0,76

A Figura 61 dá uma idéia do grau de precisão das estimativas do balanço de radiação  $Q^*$  em função da radiação de ondas curtas incidente ( $K_{\downarrow} = R_g$ ), para os dados diários. Observa-se que para todas as arquiteturas de dosséis testadas as equações propostas na Tabela 15 estimam com razoável precisão o saldo de radiação. A similaridade entre os valores dos parâmetros **a** e **b** das equações, bem como de  $R^2$ , pode ser explicada pela semelhança entre os valores médios dos albedos das arquiteturas estudadas.

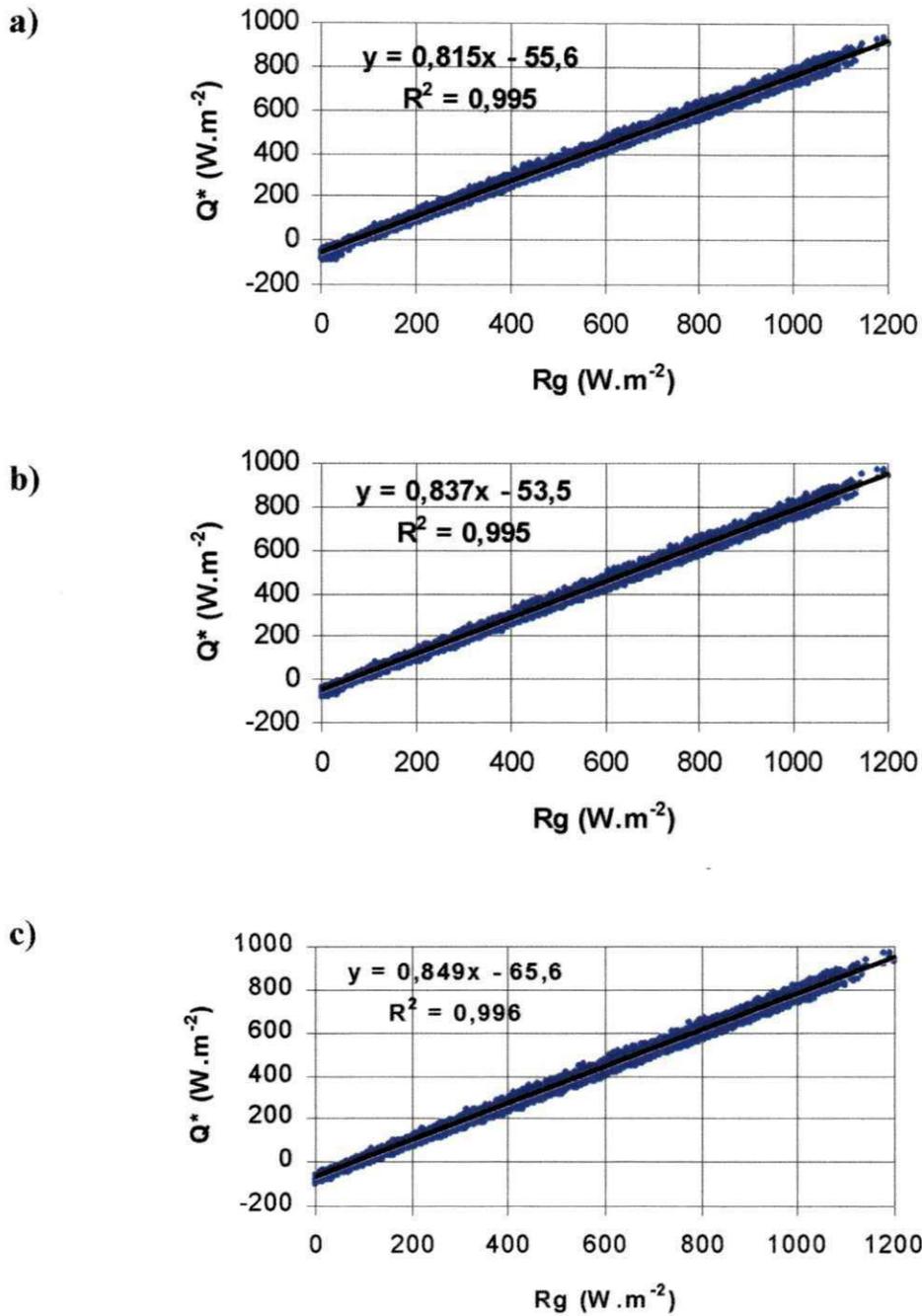
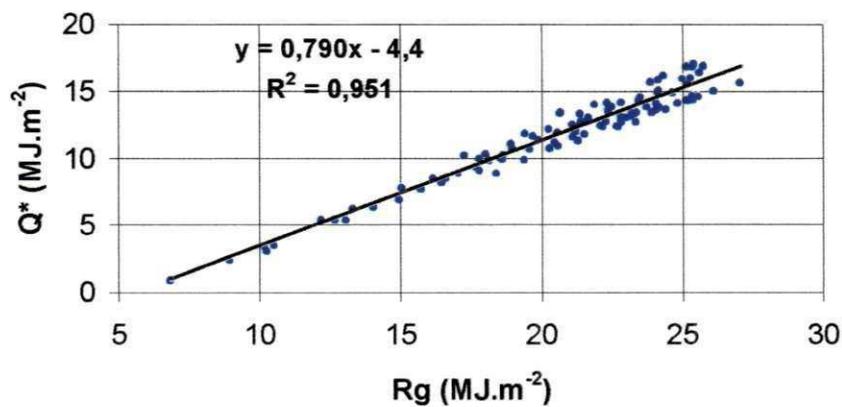
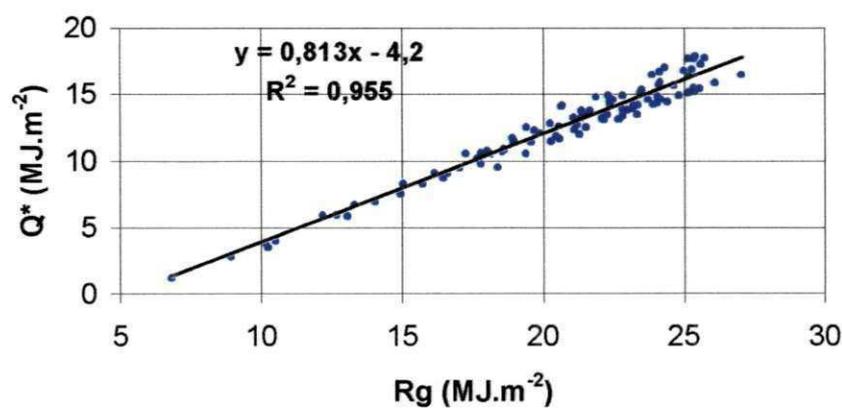


Figura 59. Regressão entre os valores médios, a cada 10 minutos, do saldo de radiação e da radiação de onda curta incidente: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)



b)



c)

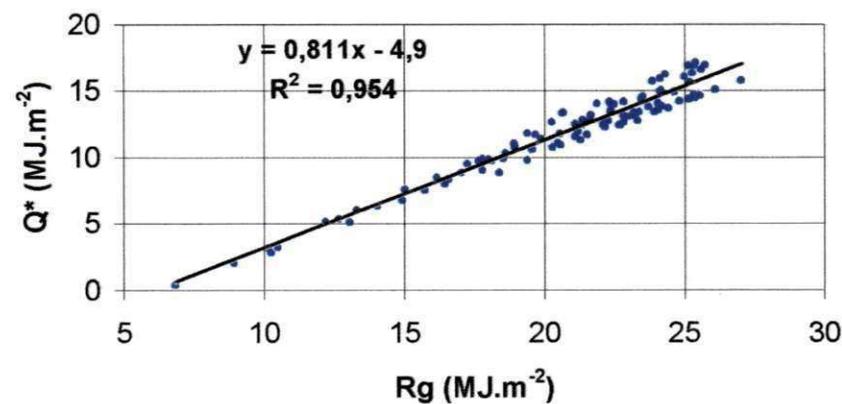
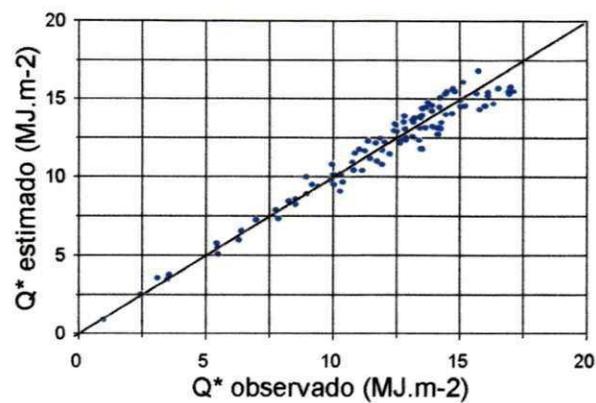
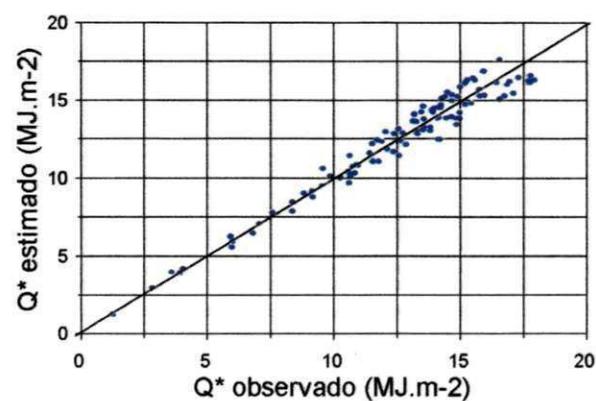


Figura 60. Regressão entre os valores diários do saldo de radiação e da radiação de onda curta incidente: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)



b)



c)

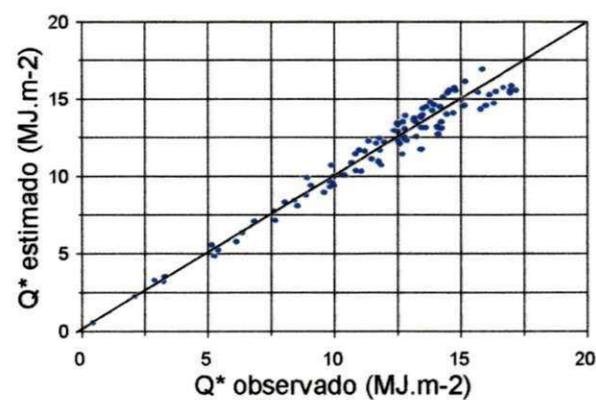


Figura 61. Avaliação da precisão das estimativas de  $Q^*$  em função da radiação de onda curta incidente ( $K_{\downarrow}$ ), nos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

#### 4.9. Temperatura do Ar

A Tabela 16 mostra o resumo dos dados observados de temperatura do ar, próximo aos frutos, nos diferentes quadrantes dos dosséis vegetativos: pirâmide, testemunha e cálice, ao longo do período experimental. Observa-se que em termos médios a temperatura em torno dos frutos nos três dosséis esteve sempre acima da temperatura do ar, cerca de 1°C, com a testemunha apresentando temperatura praticamente igual a do ar, e a arquitetura cálice registrando um  $\Delta t$  para mais, de 2 °C. As temperaturas máximas também comprovam maior aquecimento do ar em torno dos frutos, com um  $\Delta t$  médio em torno de 3,5 °C e mais uma vez a arquitetura cálice registrando a maior média, 41,2 °C. As temperaturas mínimas não apresentaram grandes diferenças comparadas com a temperatura mínima do ar. De uma maneira geral, mesmo não tendo havido diferenças significativas entre as temperaturas médias dos quadrantes, percebe-se que houve no tratamento cálice um maior aquecimento no quadrante SW, o qual apresentou o maior valor absoluto de temperatura, 43 °C, entre 13:50 e 14:00 horas do dia 11 de novembro de 2001. A menor temperatura registrada durante o experimento, 18,1 °C, ocorreu no quadrante NW da arquitetura pirâmide, entre 7:20 e 7:30 horas do dia 25 de janeiro de 2002. Nos dias 24, 25, 26 e 27 de janeiro de 2002, atuou sobre a região um sistema que provocou precipitações pluviométricas de 37 mm, 18 mm, 10 mm e 12 mm, respectivamente. Na Figura 62 pode ser observada a variação da temperatura média diária do ar, medida próximo aos dosséis, e da temperatura do ar em torno dos frutos, ao longo do período experimental, nos três tipos de arquitetura. Verifica-se que a temperatura do ar esteve sempre abaixo da temperatura próximo aos frutos, nos quatro quadrantes estudados, com maior  $\Delta t$  ocorrendo na arquitetura cálice. Observa-se, ainda, que houve queda nas temperaturas a partir de 6 de janeiro, dia em que iniciaram-se as precipitações pluviométricas na região. O mês de janeiro de 2002 foi o mais chuvoso de todos os tempos, na região, com localidades próximas registrando valores acima de 300 mm (Tabela 39 do Apêndice). A umidade relativa do ar, durante o período experimental, apresentou uma média de 86,1%.

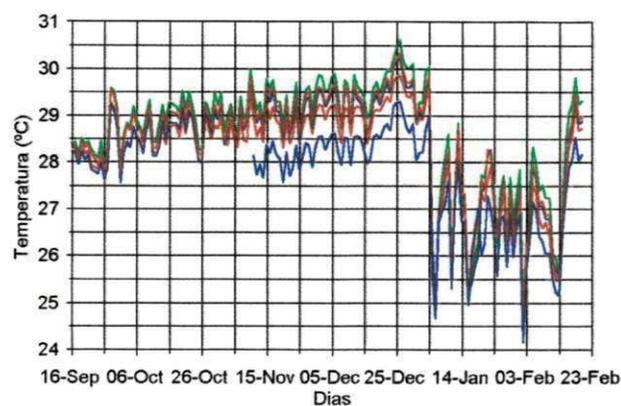
Tabela 16. Valores médios de temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), medidos próximo aos frutos, nos quadrantes NW, SW, SE e NE, dos dosséis pirâmide, testemunha e cálice da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002.

QUADRANTES							
<b>MÉDIAS</b>							
Tratamento	NW	SW	SE	NE	Média	AR	UR (%)
Pirâmide	28,2	28,7	28,4	28,5	28,5	27,6	86,1
Testemunha	27,8	27,9	27,8	27,9	27,9		
Cálice	29,5	29,7	29,5	29,6	29,6		
Média	28,5	28,8	28,6	28,7	28,6		
<b>MÁXIMAS</b>							
Tratamento	NW	SW	SE	NE	Média	AR	UR (%)
Pirâmide	40,2	42,2	38,5	39,5	40,1	36,4	100
Testemunha	39,2	39,3	37,8	37,7	38,5		
Cálice	40,9	43,0	40,1	40,9	41,2		
Média	40,1	41,5	38,8	39,4	39,9		
<b>MÍNIMAS</b>							
Tratamento	NW	SW	SE	NE	Média	AR	UR (%)
Pirâmide	18,1	19,1	19,2	19,4	19,0	20,6	48,7
Testemunha	18,8	19,0	19,0	19,1	19,0		
Cálice	20,5	20,4	20,3	20,5	20,4		
Média	19,1	19,5	19,5	19,7	19,5		

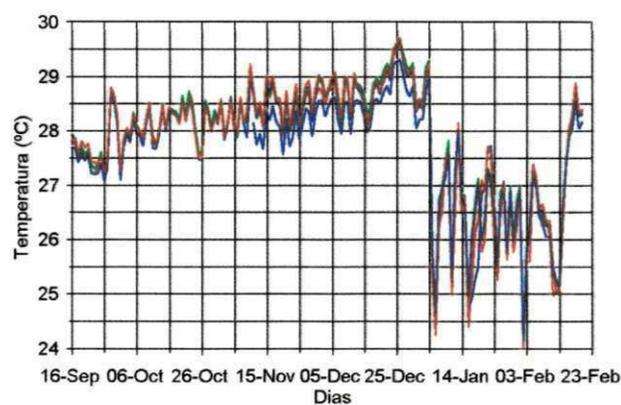
Na Figura 63 estão plotados os dados referentes ao comportamento médio diário da temperatura próximo aos frutos, nos diferentes quadrantes do dossel vegetativo das arquiteturas testadas. Observa-se que durante a noite, praticamente, não houve diferença entre os valores registrados, todos apresentando descendência até atingirem o mínimo próximo às 5:00 horas, e a partir daí aumentando à medida em que o ângulo de elevação do Sol aumentava, ao longo do dia. Os máximos de temperatura, em termos de quadrante, ocorreram entre 13:00 horas e 14:00 horas, sendo maior no quadrante SW, seguido pelo NW. Os demais quadrantes tiveram comportamento similares ao longo do dia. Após atingir o máximo, a temperatura do ar em torno dos frutos entra em declínio até a manhã do dia seguinte.

As Tabelas 1, 2 e 3 (Apêndice) mostram a análise de variância dos dados de temperatura do ar próximo aos frutos. Verifica-se que houve efeito de arquitetura para todas as temperaturas avaliadas.

a)



b)



c)

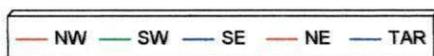
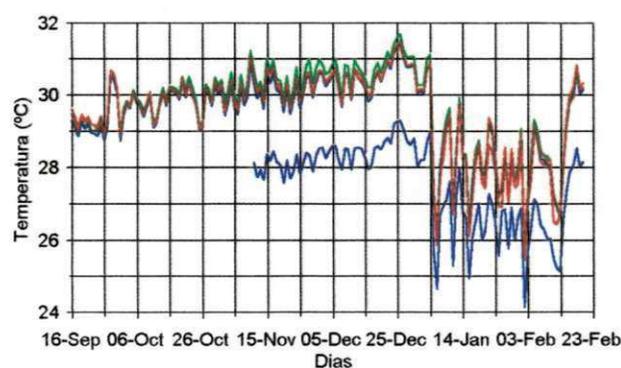
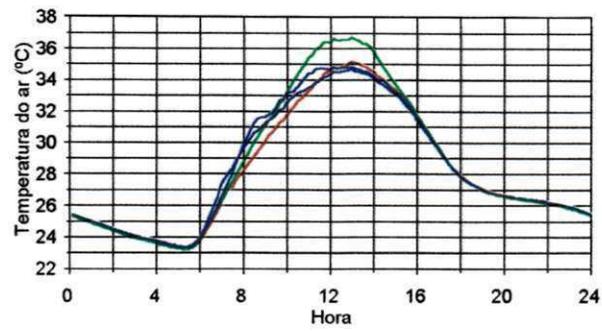
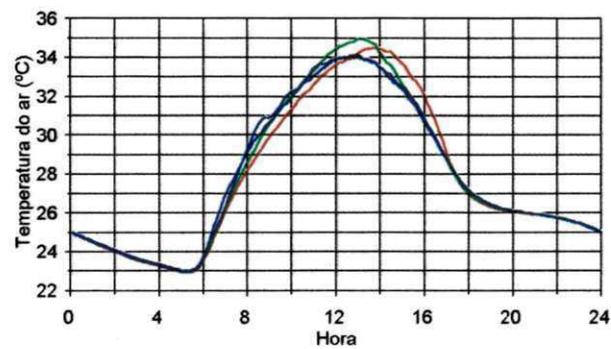


Figura 62. Variação estacional da temperatura do ar para o período de observação nos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)



b)



c)

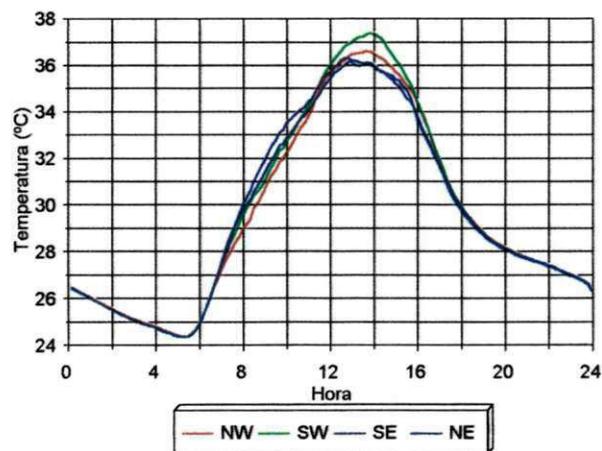


Figura 63. Comportamento médio diário da temperatura do ar em torno dos frutos nos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Na análise estatística  $Pr < 0,05$  indica significativo ao nível de 5% de probabilidade, enquanto que  $Pr < 0,01$  representa significativo ao nível de 1% de probabilidade. Com relação à temperatura média, observou-se que a maior temperatura foi detectada na arquitetura cálice, enquanto que a menor temperatura foi verificada na testemunha. O mesmo resultado foi observado para a temperatura mínima. Para a temperatura máxima, destacaram-se as médias do cálice e pirâmide, embora não tenha havido diferença significativa entre as médias da pirâmide e da testemunha.

Durante a campanha de campo foram escolhidos, aleatoriamente, oito dias nos quais efetuou-se a cada hora, medidas de temperatura da folhagem, próximo aos termopares instalados. Observou-se uma estreita correlação entre os dados medidos pelos termopares e aqueles determinados com o termômetro infravermelho. As correlações são apresentadas na Tabela 17. Para as arquiteturas pirâmide e testemunha os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) estiveram todos acima de 0,90, indicando uma excelente correlação; porém, para o cálice os  $R^2$  caíram para valores próximos a 0,80 chegando até a 0,713. Isto pode estar associado ao fato de que o cálice por possuir uma abertura de copa no centro muito grande, ao apontar-se o sensor de radiação infravermelho, este não visualizava a folhagem de forma homogênea. Comparando-se todos os dados de temperatura do ar medidos pelos termopares e aqueles obtidos com o infravermelho, encontrou-se um  $R^2 = 0,885$ . A Figura 64 apresenta a distribuição, em torno da reta de ajuste, de todos os pontos referentes à temperatura do ar próximo aos frutos, medida com termopares e termômetro infravermelho. Observa-se uma boa linearidade na distribuição dos pontos, confirmando a boa correlação existente entre as temperaturas medidas pelas duas metodologias. As Figuras 65 a 68 apresentam a variação da temperatura do ar próximo aos frutos, medidas durante oito dias ao longo do experimento de campo. Observa-se um excelente sincronismo entre as metodologias usadas, com uma tendência de aproximação dos valores no período da manhã, até aproximadamente 9:00 horas, e no restante do período diurno a temperatura do ar sendo maior que a temperatura da folhagem. A maior diferença ocorre próximo ao meio dia, quando o  $\Delta t$  entre o ar e folhagem apresenta os maiores valores. Durante à noite as duas medidas tendem a igualar-se.

Tabela 17. Resultados da regressão linear entre os valores de temperatura do ar medidos pelos termopares (Tar) e da folhagem medida pelo termômetro de radiação infravermelho (Tir), nas arquiteturas: pirâmide, testemunha e cálice do dossel vegetativo da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, ciclo produtivo 2001/2002.

Arquitetura do dossel	Regressão Tir = a + b Tar	Coeficientes			
		a	b	R <sup>2</sup>	SEE (°C)
Pirâmide	NW x NW	0,106	1,033	0,933	0,96
	SW x SW	0,533	1,034	0,927	1,23
	SE x SE	-0,816	1,068	0,935	0,91
	NE x NE	-1,248	1,090	0,941	0,92
Testemunha	NW x NW	-1,227	1,074	0,950	0,82
	SW x SW	2,490	0,943	0,923	1,05
	SE x SE	-1,266	1,065	0,912	1,04
	NE x NE	-2,691	1,122	0,937	0,91
Cálice	NW x NW	4,066	0,937	0,817	1,66
	SW x SW	4,891	0,915	0,869	1,52
	SE x SE	6,050	0,869	0,713	1,96
	NE x NE	2,528	0,998	0,866	1,38
Todos os dados		3,0	0,862	0,874	1,30

Verificou-se um maior  $\Delta t$  entre o ar e a folhagem na arquitetura cálice, que atingiu até 4 °C. Nas arquiteturas pirâmide e testemunha o  $\Delta t$  foi menor do que no cálice em todos os quadrantes.

Nos quadrantes NW, SE e NE a temperatura máxima do ar em torno dos frutos ultrapassou os 36 °C nas arquiteturas pirâmide e testemunha, no cálice a máxima superou os 38 °C. No quadrante SW foram registrados os valores mais elevados de temperatura. Na pirâmide e na testemunha a temperatura superou 38 °C e no cálice 40 °C. Os gráficos de temperatura mostram que entre as 6:00 e 18:00 horas, os valores raramente estiveram abaixo dos 24 °C.

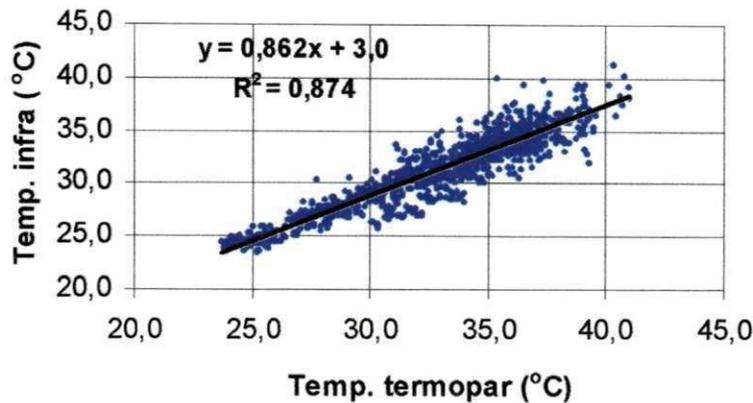


Figura 64. Regressão entre os valores de temperatura do ar próximo aos frutos, medida por termopares e pelo termômetro de radiação infravermelho na mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

#### 4.10. A água de Irrigação

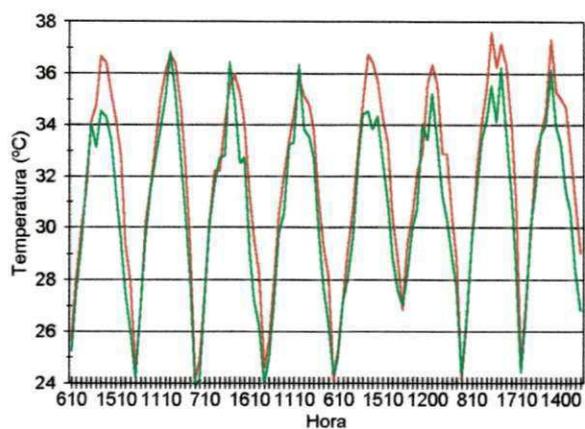
A Tabela 18 apresenta o resultado da análise química da água usada na irrigação.

Tabela 18. Análise química da água usada na irrigação do pomar T<sub>3</sub> de mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

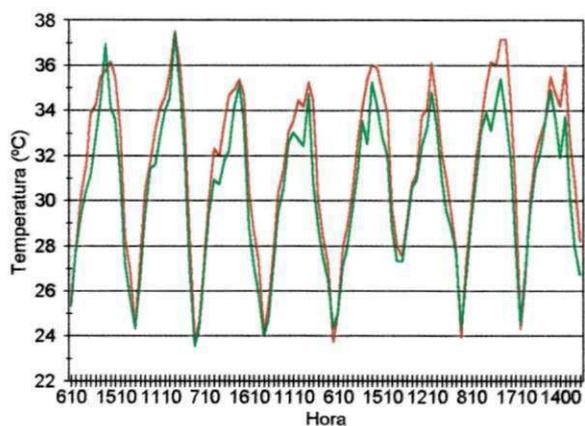
pH	C.E (S/cm)	Ca	Mg	K	Na	Cl	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	S.D (mg/dm <sup>3</sup> )	RAS	RAS aj.	CSR	Classe
7,9	673	2	1,3	0,37	2,33	1,4	2,2	0,6	431	1,81	1,42	0,0	C2S1

A água C2S1 pode ser considerada sem restrição de uso para a irrigação, considerando-se salinidade, redução da capacidade de infiltração do solo e toxicidade de Na e Cl. Possui um alto teor de potássio, de modo a 1000 mm de irrigação com esta água, adicionar ao solo 173 kg de K<sub>2</sub>O por hectare. Apresenta um baixo risco de obstrução de gotejadores e pode ser considerada sem restrição para aplicação de fertilizantes fosfatados. A salinização do solo somente ocorrerá se o mesmo for muito raso e com grande problema de drenagem, podendo ser usada, inclusive, para culturas sensíveis à salinidade. Deste modo, a água usada na irrigação tinha boa qualidade, e portanto era apropriada.

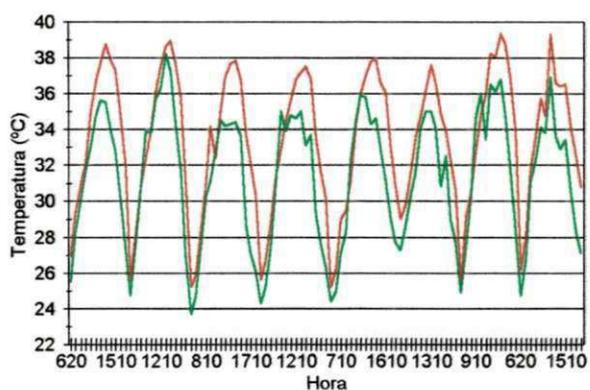
a)



b)



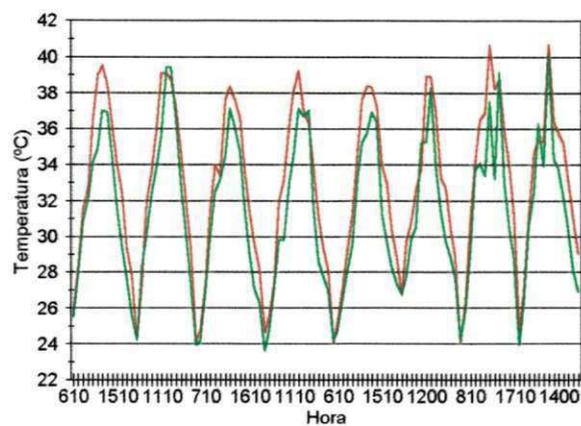
c)



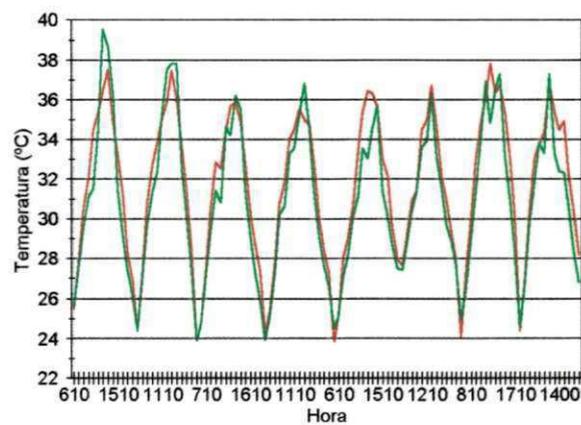
— Termopar — Infra

Figura 65. Variação da temperatura do ar próximo aos frutos e da porção da copa vista pelo termômetro infravermelho, no quadrante NW dos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)



b)



c)

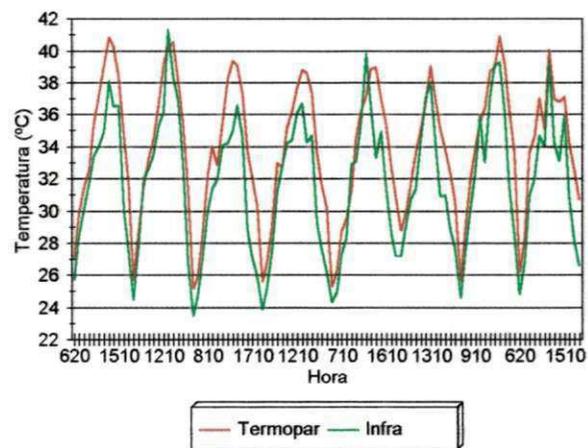
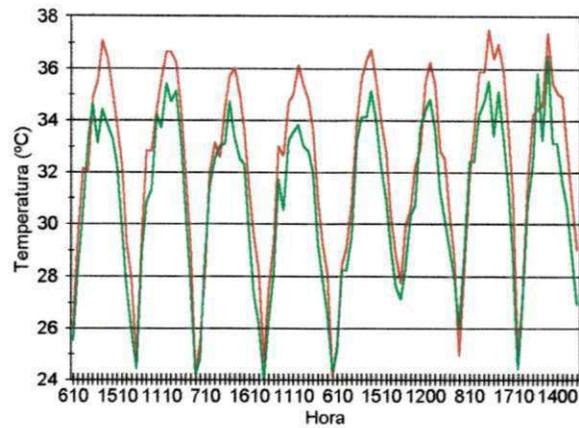
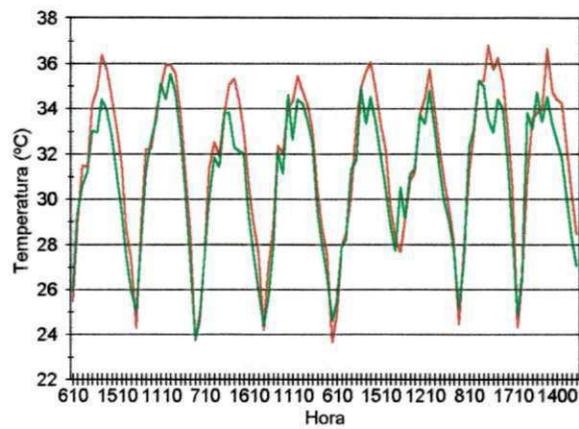


Figura 66. Variação da temperatura do ar próximo aos frutos e da porção da copa vista pelo termômetro infravermelho, no quadrante SW dos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)



b)



c)

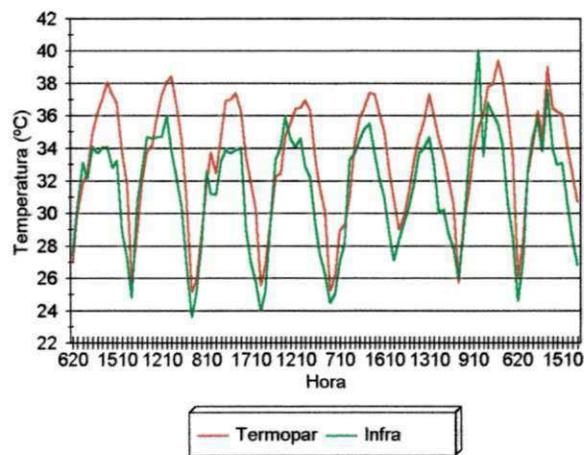
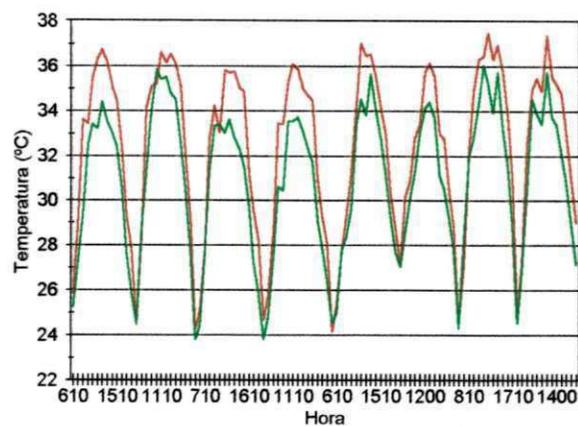
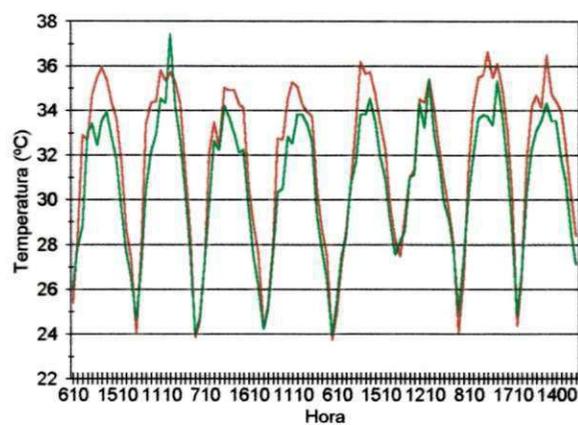


Figura 67. Variação da temperatura do ar próximo aos frutos e da porção da copa vista pelo termômetro infravermelho, no quadrante SE dos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)



b)



c)

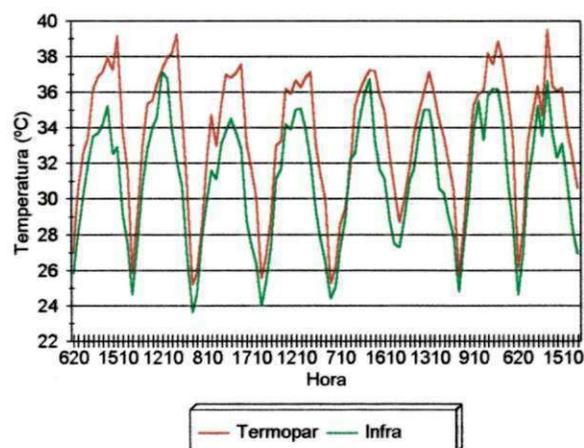


Figura 68. Variação da temperatura do ar próximo aos frutos e da porção da copa vista pelo termômetro infravermelho, no quadrante NE dos dosséis: a) pirâmide, b) testemunha e c) cálice da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

#### 4.11. Análise Química de Macros e Micros Nutrientes do Solo

A Tabela 19 mostra os resultados da análise físico-química dos macros e micros elementos do solo do pomar T<sub>3</sub>, no qual foi executado o experimento.

Trata-se de um solo de reação alcalina, aparentemente de alta fertilidade quanto a fósforo e potássio, provavelmente devido a adubações, principalmente com respeito ao primeiro nutriente.

Tabela 19. Análise físico-química dos macros e micros elementos do solo do pomar T<sub>3</sub> de mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Identificação		pH	(cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> =me/100g)				(mg.kg <sup>-1</sup> =ppm)			g/kg	Textura
Amostra	Prof. (cm)		Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	P	K	Na	Mat. Org.	
124/02	0-20	8,0	0	3,83	0,82	0	122	91	58	-	-
125/02	20-40	7,5	0	2,34	0,68	0	43	105	103	-	-
126/02	40-60	6,9	0	1,47	0,70	0,25	15	167	159	-	-
			Microelemento (mg/kg)				Granulometria (%)				
		Zn	Cu	Fe	Mn	Areia	Silte	Argila	Classe Textural		
124/02	0-20	5	2	3	22	88	4	8	Franco-Arenoso		
125/02	20-40	2	1	1	1	81	3	16	Areia-Franca		
126/02	40-60	1	1	7	0,5	72	2	26	Franco-Argilo-Arenoso		
Textura do Solo: Argilosa (1) Média: (2) Arenosa: (3)											

O pH elevado traz como consequência, em primeiro lugar, uma super-estimação do valor de P disponível, já que a determinação foi com extrator ácido Mehlich -1. Sob condição de alcalinidade não há uma boa correlação com o P-absorvido pelas plantas. Em segundo lugar, pré-dispõe o meio para uma menor disponibilidade de micronutrientes como Zn, Cu, Mn e Fé, cuja forma de absorção pelas plantas é de cátions divalentes e as quantidades disponíveis dependem do pH, sendo reduzida com o aumento deste.

Constatou-se, também, um desbalanço nas relações entre os cátions K:Ca:Mg com reflexo na disponibilidade de magnésio, por efeito de inibição competitiva dos outros cátions quando da ação dos mecanismos de absorção pelas plantas. Na primeira profundidade a relação é de 1:16:3,5 enquanto na segunda 1:8,7:2,5. Em geral, a literatura cita que o ideal situa-se na faixa de 1:9:3 a 1:25:5.

Sem dúvida, na adubação de qualquer cultura no solo em estudo deve-se utilizar fontes de nutrientes com reação acidificante como Sulfato de Amônio e MAP (fornecedores de N e P), acrescidos de magnésio na forma de sal ou óxido.

#### 4.12. Análise Química Foliar

Na Tabela 20 encontram-se os resultados da análise química foliar, realizada em plena fase de produção do pomar. Em todos os tratamentos o estado nutricional da mangueira foi considerado em nível adequado quanto a nitrogênio, potássio e cálcio.

Existem fortes indícios de que o valor de fósforo situou-se abaixo da faixa de adequação, comprovando a hipótese de super-estimação do P-disponível na análise de solo.

A condição mais desfavorável correspondeu à testemunha cujo valor deveria pelo menos ser dobrado.

Os valores de magnésio, zinco e cobre situaram-se muito próximos do limite inferior da faixa de adequação, ou seja, próximos dos valores críticos. A testemunha também esteve com teor de zinco abaixo do nível de suficiência, bem como a arquitetura VV, quanto ao cobre.

Sugere-se cuidados quanto a adubações com boro. A faixa de adequação não é tão ampla e o teor de boro, detectado em todas as situações, está bem acima do limite superior de adequação, podendo causar problemas de toxidez por excesso.

#### 4.13. Produtividade

No ciclo produtivo 2001/2002 do pomar T<sub>3</sub> foram efetuadas seis colheitas, sendo as duas primeiras resultantes de indução natural ocorrida em função de uma diminuição de temperatura do ar nos meses de julho e agosto e as quatro últimas resultantes das seis induções artificiais efetuadas.

Tabela 20. Resultados da análise química foliar do pomar T<sub>3</sub> de mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Identificação		Nutrientes Totais											
		% na Matéria Seca							mg.kg <sup>-1</sup> da Matéria Seca				
Tratamento	Data	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	B	Zn	Cu	Fe	Mn
Pirâmide	06/02/02	1,49	0,05	0,50	2,48	0,22	0,06	-	197	24	24	195	2350
Testemunha	07/02/02	1,54	0,04	0,39	2,63	0,22	0,05	-	203	17	17	156	2610
Poda V	08/02/02	1,46	0,06	0,48	2,74	0,20	0,06	-	203	22	25	124	2680
Cálice	05/02/02	1,49	0,06	0,59	2,49	0,21	0,05	-	197	21	24	266	2130
Poda 2V	09/02/02	1,61	0,05	0,43	2,65	0,21	0,07	-	250	20	7	155	2390
Poda 4V	10/02/02	1,51	0,05	0,39	2,59	0,21	0,06	-	244	25	17	135	1350

Nas Tabelas 21 e 22 e Figuras 69 a 71, constam os dados de produção de cada colheita, por quadrante de cada dossel e tratamento.

As Tabelas 21 e 22 e Figura 69, mostram que as arquiteturas poda 4V e poda V foram as que mais produziram, cerca de 595 e 576 kg nas cinco árvores do *stand*. O cálice e a pirâmide também produziram bem, 482 e 434 kg. No entanto, a testemunha e a poda 2V apresentaram produção abaixo de 350 kg. A menor produção na arquitetura 2V está relacionada com o fato de que neste tratamento uma das plantas, escolhidas ao acaso, estava se recuperando de um tratamento fitossanitário contra a podridão da seca-da-mangueira causada pelo fungo (*Botryodiplodia theobromae*). Portanto, não produziu praticamente nada durante todo o ciclo produtivo, além do fato de que na primeira colheita a produção desta arquitetura foi zero, conforme pode ser visto na Tabela 21. No entanto, apesar disso, observa-se na Figura 70 que o tratamento poda 2V superou a testemunha, uma vez que o gráfico de barras representa o peso médio da produção por planta, sendo que na arquitetura 2V o peso total dos frutos foi dividido somente por quatro plantas, e não por cinco, como nas demais, em função do problema ocorrido com uma das plantas do *stand*.

A Tabela 22 e a Figura 71 apresentam dados de produtividade da mangueira *Tommy Atkins* dos diferentes tipos de abertura de copa estudados. As arquiteturas 4V e poda V destacam-se com produtividades próximas a 16 ton/ha, índice que supera a média regional, de 13 ton/ha, em aproximadamente 23%. Em termos de produtividade média, todas as

arquiteturas de dossel testadas superaram a testemunha, que por sua vez produziu apenas 9,48 ton/ha, ficando abaixo da produtividade média da região em cerca de 27%. Estes valores podem ser vistos na Figura 71. A Tabela 22 e Figura 72 mostram os percentuais de produção média por planta, que cada tratamento teve a mais que a arquitetura testemunha. As arquiteturas poda 4V, poda V e cálice foram as que mais produziram, chegando a cerca de 73%, 68% e 40%, respectivamente, a mais de produtividade que a testemunha. Isto parece indicar que quanto maior a quantidade de radiação solar dentro do dossel vegetativo da árvore, maior é a produção de frutos. Houve situações nas quais os pendúnculos dos frutos originavam-se no caule das árvores e não dos ramos secundários, provavelmente em função da presença da luz no interior da copa. As arquiteturas que tiveram orientação no sentido da passagem dos raios solares, poda 4V e poda V, foram as que mais produziram.

Por outro lado, analisando-se a produção em função dos quadrantes do dossel vegetativo das árvores, observa-se pela Tabela 21 e Figuras 73 e 74, que os quadrantes mais produtivos foram SW e NE com peso total dos frutos acima de 700 kg. SE foi o quadrante menos produtivo, aproximadamente 619 kg nas trinta plantas do *stand*. A produção total do *stand* foi de 2756 kg, representando uma produtividade média de 12,7 ton/ha. Em praticamente todos os quadrantes as arquiteturas poda 4V, poda V e cálice foram as mais produtivas, somente no quadrante NW a pirâmide superou o cálice.

Além de todas as diferenças visuais observadas, a análise estatística pelo teste F de Snedcor e Tukey, Tabela 4 (Apêndice), indicou efeito significativo para colheita e arquitetura, indicando heterogeneidade entre as produções médias das diferentes colheitas e tipos de arquitetura. Não se constatou efeito significativo da interação entre arquitetura e quadrante. De acordo com a Tabela 5 (Apêndice), a maior média de produção foi observada na quinta colheita, não se verificando diferenças significativas entre as médias das demais. Na Tabela 7 (Apêndice), observa-se que não houve diferença entre as médias das arquiteturas. Uma possível explicação para os resultados incoerentes entre a ANAVA e o teste de Tukey é a própria característica conservadora inerente ao teste. Vale ressaltar que a probabilidade de significância do teste F da fonte de variação, arquitetura foi muito próxima de 5%, sendo essa uma possível explicação para a não detecção de diferenças no teste de Tukey. Os resultados na Tabela 7 (Apêndice), permitem inferir que não houve diferenças significativas entre as médias de produção nos quadrantes.

Tabela 21. Dados de produção (kg) do pomar T<sub>3</sub>, por quadrante, em cada arquitetura de dossel estudada, na mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

Data colheita	Quad.	Piram.	Testem.	Poda V	Cálice	Poda 2V	Poda 4V	Totais (kg)
14/11/2001	<b>NW</b>	3,88	4,42	8,08	2,74	0	5,78	
03/12/2001		8,66	19,28	3,52	26,52	10,68	9,56	
27/12/2001		26,84	5,42	18,48	2,62	16,22	46,34	
11/01/2002		18,06	16,29	14,36	18,82	10,85	15,92	
29/01/2002		38,76	38	72,62	30,58	21,43	55,04	
18/02/2002		12,66	7,78	26,4	15,02	5,64	26,37	
Sub-total		<b>108,86</b>	<b>91,19</b>	<b>143,46</b>	<b>96,3</b>	<b>64,82</b>	<b>159,01</b>	<b>663,64</b>
14/11/2001	<b>SW</b>	23,7	6,8	24,12	38,78	8,99	10,16	
03/12/2001		22,08	22,46	31,74	33,06	26,8	49,16	
27/12/2001		32,48	15,92	27,6	4,14	19,22	24,28	
11/01/2002		18,9	10,64	6,91	12,2	9,66	15,12	
29/01/2002		23,08	29,94	42,92	31,84	11,7	31,95	
18/02/2002		9,08	1,9	32,14	12,05	4,69	28,5	
Sub-total		<b>129,32</b>	<b>87,66</b>	<b>165,43</b>	<b>132,07</b>	<b>81,06</b>	<b>159,17</b>	<b>754,71</b>
14/11/2001	<b>SE</b>	5,12	4,36	9,56	23,52	11,66	8,3	
03/12/2001		17,08	16,29	13,07	32,96	26,7	32,6	
27/12/2001		31,3	20,04	30,14	5,42	23,5	19,92	
11/01/2002		17,56	18,42	16,94	14,14	10,08	27,57	
29/01/2002		23,54	19,98	41,5	38,42	14,6	18,46	
18/02/2002		4,4	2,9	8,1	3,66	1,44	5,48	
Sub-total		<b>99</b>	<b>81,99</b>	<b>119,31</b>	<b>118,12</b>	<b>87,98</b>	<b>112,33</b>	<b>618,73</b>
14/11/2001	<b>NE</b>	4,45	3,34	4,58	18,96	4,4	4,78	
03/12/2001		15,54	17,66	6,4	17,72	15,36	26,98	
27/12/2001		26,1	15,94	38,1	12,28	22,56	20,42	
11/01/2002		14,28	13,65	21,8	25,99	15,64	31,94	
29/01/2002		30,84	24,7	63,25	48,45	28,28	53,36	
18/02/2002		5,64	7,48	13,86	12,38	5,04	27,09	
Sub-total		<b>96,85</b>	<b>82,77</b>	<b>147,99</b>	<b>135,78</b>	<b>91,28</b>	<b>164,57</b>	<b>719,24</b>
<b>Totais</b>	<b>434,03</b>	<b>343,61</b>	<b>576,19</b>	<b>482,27</b>	<b>325,14</b>	<b>595,08</b>		
<b>Média/planta (kg)</b>	<b>86,806</b>	<b>68,72</b>	<b>115,24</b>	<b>96,45</b>	<b>81,29</b>	<b>119,02</b>		
<b>Produtividade (ton./ha)</b>	<b>11,98</b>	<b>9,48</b>	<b>15,90</b>	<b>13,31</b>	<b>11,22</b>	<b>16,42</b>	<b>78,32</b>	

Tabela 22. Resumo, em ordem decrescente, dos dados de produção do pomar T<sub>3</sub>, por quadrante, em cada arquitetura de dossel estudada, na mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

	<b>Poda 4V</b>	<b>Poda V</b>	<b>Cálice</b>	<b>Pirâmide</b>	<b>Poda 2V</b>	<b>Testem.</b>
<b>Média/planta (kg)</b>	<b>119,02</b>	<b>115,24</b>	<b>96,45</b>	<b>86,806</b>	<b>81,29</b>	<b>68,72</b>
% a mais que a test.	73,18	67,69	40,35	26,31	18,28	
<b>Produtividade (ton./ha)</b>	<b>16,42</b>	<b>15,9</b>	<b>13,31</b>	<b>11,98</b>	<b>11,22</b>	<b>9,48</b>

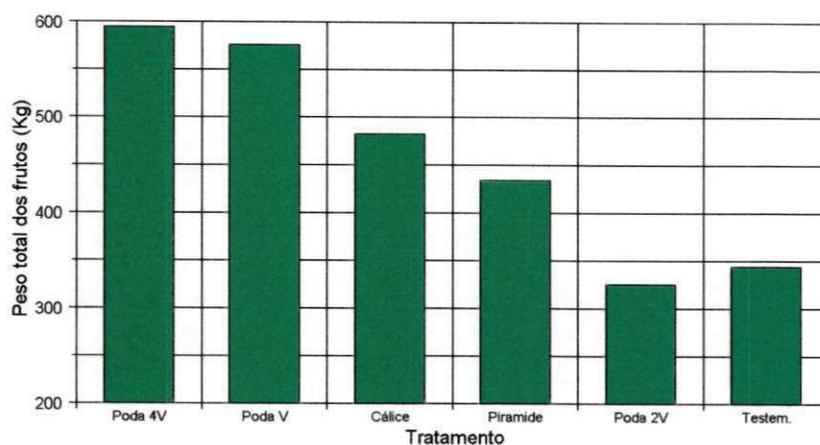


Figura 69. Dados totais de produção da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

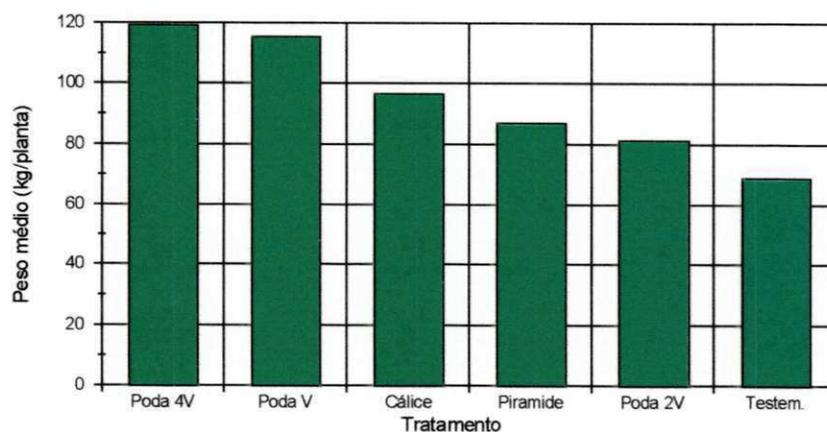


Figura 70. Dados de produção, peso médio por planta, da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

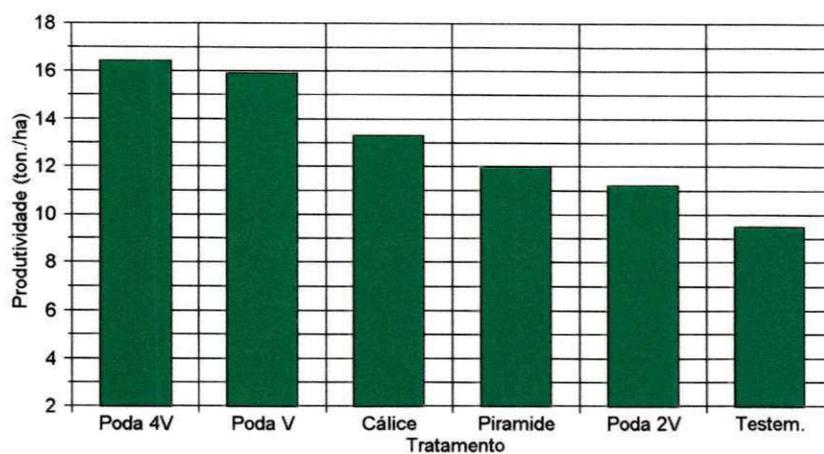


Figura 71. Dados de produtividade, da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

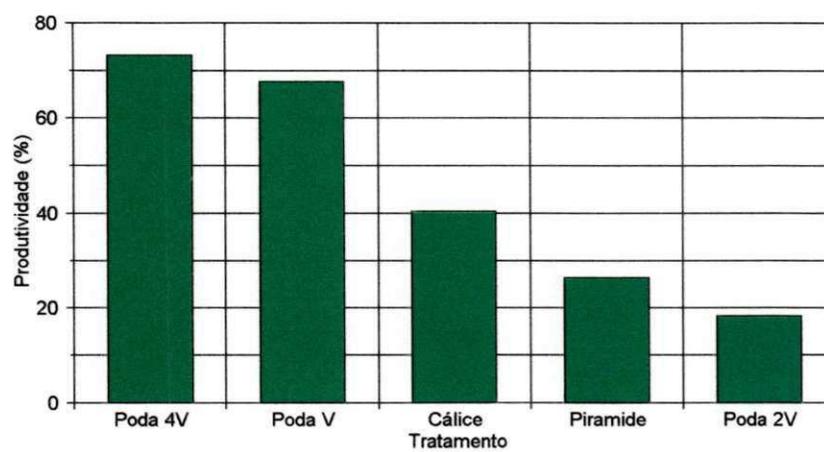


Figura 72. Dados percentuais de produtividade acima da testemunha, da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

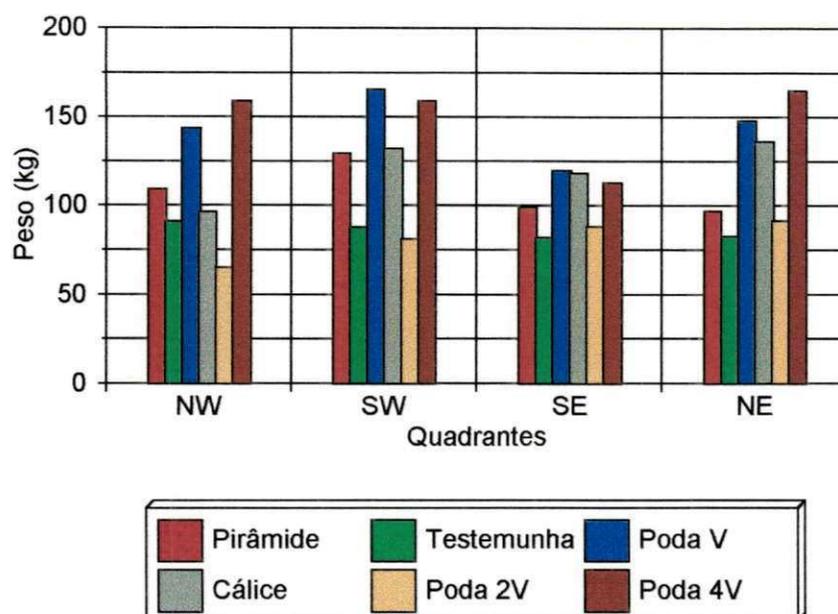


Figura 73. Dados totais de produção, por quadrante do dossel, da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

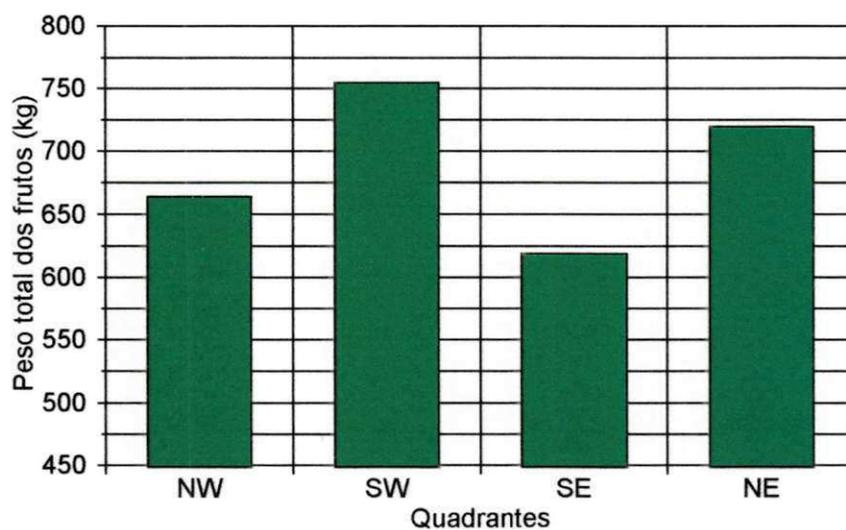


Figura 74. Dados totais de produção, por quadrante do dossel, da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

#### 4.14. Perdas

O pomar T<sub>3</sub> de mangueiras *Tommy Atkins* da MAISA tem idade aproximada de 12 anos, e nos últimos anos não recebeu os cuidados necessários com os tratos culturais. Por este motivo ocorreram perdas significativas da produção, em função da queda de frutos ocasionadas pelo vento ou pelo colapso interno dos frutos, resultante de um distúrbio fisiológico, muito provavelmente relacionado a um desequilíbrio nutricional da planta.

A Tabela 23 mostra que o total de 1956 frutos, perdidos nas trinta árvores estudadas, corresponde a uma média de 65 frutos perdidos por planta, o que corresponderia a 8998 frutos por hectare, ou seja, cerca de 4,0 ton/ha, considerando-se o peso médio de 0,45 kg por fruto. Analisando a Figura 75 observa-se que dos tratamentos usados, a testemunha foi o que teve maior índice de queda natural, 34,5%, enquanto que o cálice foi o que apresentou a maior perda por colapso interno dos frutos, cerca de 87%, provavelmente devido as maiores temperaturas verificadas. A poda 4V teve o maior número de frutos perdidos, 488, em função de sua maior produtividade. Em termos médios, 74,1% dos frutos perdidos foi em decorrência do colapso interno, e 25,6% por queda natural (Figura 76).

A análise estatística da Tabela 7 (Apêndice), mostra que foram observados efeitos significativos de arquitetura e colheita para todas as variáveis estudadas. Na Tabela 8 (Apêndice), as médias indicam que o maior índice de queda natural de frutos, ocorreu na arquitetura poda V, embora esta tenha diferido estatisticamente apenas da arquitetura cálice. A colheita 3 foi a que apresentou maior queda natural de frutos, embora não tenha diferido estatisticamente das médias observadas nas colheitas 1 e 2. A menor média foi observada na colheita 6, mesmo não diferindo das colheitas 1, 4 e 5 (Tabela 9 no Apêndice). A queda provocada pelo colapso interno dos frutos teve a maior média na arquitetura poda 4V, contudo este valor não diferiu da média do cálice e esta, por sua vez, não diferiu das demais, conforme pode ser observado nas Tabelas 11 e 12 (Apêndice). Já a Tabela 13 (Apêndice), mostra que a maior média de colapso ocorreu na colheita 5, enquanto que a menor verificou-se na colheita 1, embora esta não difira estatisticamente das médias obtidas nas colheitas 2 e 6.

Tabela 23. Percentual de frutos perdidos na produção da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Tratamento	Queda	%	Colapso	%	NTF
Pirâmide	72	31,9	154	68,1	226
Testemunha	110	34,5	209	65,5	319
Poda V	116	34,0	225	66,0	341
Cálice	42	13,0	281	87,0	323
Poda 2V	51	19,7	208	80,3	259
Poda 4V	110	22,5	378	77,5	488
Total	501		1455		1956
Média		25,9		74,1	

Levando-se em consideração o número total de frutos caídos (Tabelas 14 e 15 no Apêndice), percebe-se que as maiores médias foram observadas nas arquiteturas poda 4V e poda V, embora a média da Poda V não tenha diferido das demais. Quando analisa-se a queda total de frutos, considerando-se as colheitas (Tabela 16 no Apêndice), permite-se inferir que a maior perda ocorreu na colheita 5, mesmo esta não diferindo estatisticamente da colheita 3. Os menores valores de queda foram registrados nas colheitas 1 e 6, que não diferiram da colheita 2.

#### 4.15. Frutos exportáveis

Logo após cada colheita os frutos foram classificados em frutos exportáveis (FE) e frutos não exportáveis (FNE), de acordo com os pré-requisitos exigidos pelo mercado, para exportação. Estes resultados são apresentados na Tabela 24, para cada tratamento testado. As Figuras 77, 78, 79 e 80 dão uma visão geral sobre as quantidades de frutos exportáveis ou não. Percebe-se na Figura 77 que as arquiteturas de dossel poda 4V e pirâmide produziram aproximadamente 48% de seus frutos para exportação, contra apenas 38% da testemunha. Isto representa uma produção de cerca de 10% a mais. Observa-se, também, que todas as aberturas de copa testadas, produziram proporcionalmente, mais frutos para exportação, que a testemunha.

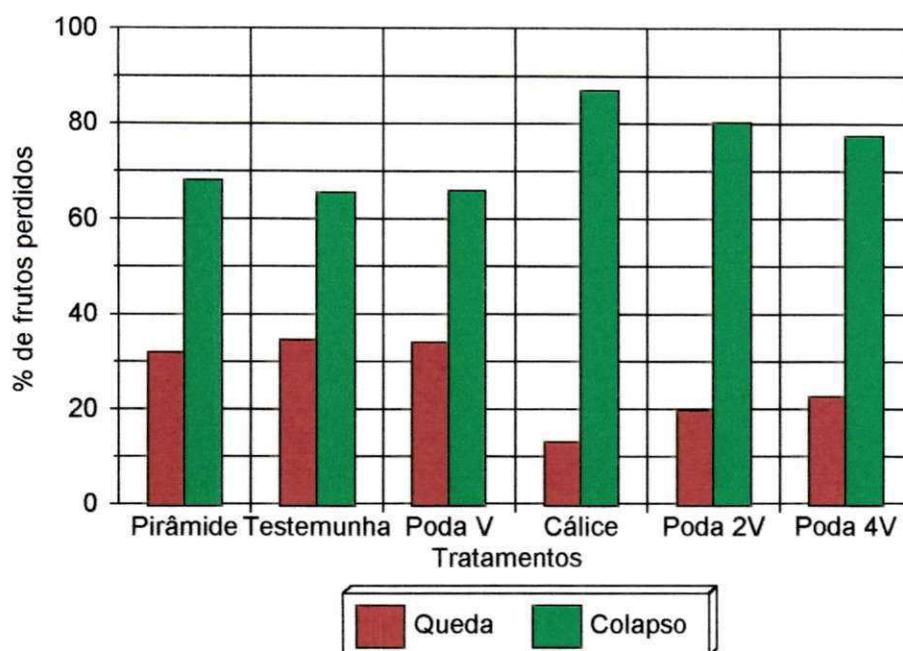


Figura 75. Percentual de frutos perdidos na produção da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

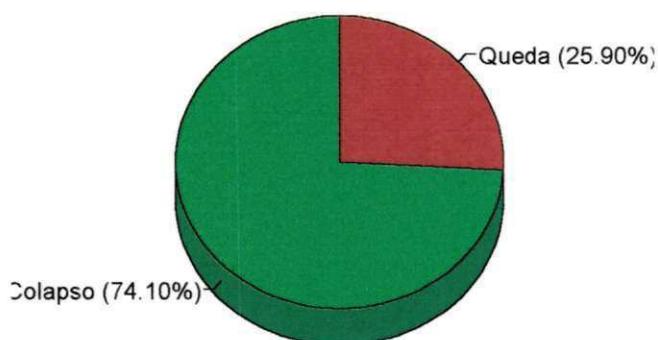


Figura 76. Percentual de frutos perdidos na produção da mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

O tratamento que apresentou menor percentual de frutos tipo exportação, e mais se aproximou da testemunha, foi o cálice, provavelmente devido à queima da casca pela radiação solar devido à maior temperatura e tempo de exposição dos frutos aos raios solares.

Tabela 24. Quantidade de frutos exportáveis (FE) e não exportáveis (FNE) da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Quadrante	Peso Médio (kg)	FE (%)	FNE (%)	Total de Frutos
NW	0,45	44,8	55,1	1476
SW	0,45	42,9	57,0	1678
SE	0,44	39,2	60,8	1398
NE	0,45	46,1	53,9	1590
Média	0,45	43,2	56,8	6142
Tratamento	Peso Médio (kg)	FE (%)	FNE (%)	Total de Frutos
Pirâmide	0,46	47,8	52,2	937
Testemunha	0,44	38,4	61,6	774
Poda V	0,46	39,8	60,2	1265
Cálice	0,44	41,8	58,2	1102
Poda 2V	0,41	43,3	56,7	788
Poda 4V	0,47	48,1	51,9	1276
Média	0,45	43,2	56,8	6142

A Figura 78 mostra que os percentuais de frutos exportáveis por quadrante não apresentaram grande variação, porém houve um pequeno destaque dos quadrantes NE e NW com 46% e 45% dos frutos exportáveis, respectivamente. Na Figura 79, verifica-se que 43,2% representam o índice de frutos em condições de exportação, contra 56,8% de frutos não exportáveis. O peso médio dos frutos esteve sempre próximo a 0,45 kg em todos os tratamentos. A Figura 80, indica que não houve grande diferença entre os tratamentos, uma vez que esta característica está mais diretamente ligada a outros fatores não estudados nesta pesquisa. Mesmo assim, as arquiteturas poda 4V, poda V e pirâmide se destacaram.

A análise estatística, segundo os testes de Snedcor e Tukey a 1% e 5% de probabilidade (Tabelas 17 a 22 no Apêndice), mostrou que houve efeito significativo da arquitetura tanto para as variáveis frutos exportáveis e não exportáveis, como para o número total de frutos. Nas três situações a maior média foi verificada na arquitetura poda 4V, embora esta não tenha diferido estatisticamente das podas pirâmide, cálice e poda V. A menor média foi na testemunha, mesmo esta não tendo diferido dos dosséis 2V, pirâmide e cálice.

#### 4.16. Qualidade Pós-colheita dos Frutos

A avaliação da qualidade pós-colheita foi realizada nos frutos imediatamente após a sua chegada ao laboratório (considerado como padrão para comparação entre as análises ou tempo zero), aos 24 e 31 dias após a colheita. Foram realizadas as seguintes análises:

##### 4.16.1. Sólidos Solúveis Totais (SST)

Os resultados das análises de SST nos frutos estão mostrados na Figura 81 e Tabela 25. Como pode se observar, o conteúdo de SST nos frutos analisados tiveram um comportamento ascendente com a maturação para todas as arquiteturas analisadas variando, em média, entre 7,4% e 13,9% para os tempos zero e 31 dias de armazenamento, respectivamente. Esse comportamento era esperado uma vez que a transformação do amido em açúcares e a solubilização de outros componentes da parede celular dos frutos durante a maturação aumentam a percentagem de SST. Os valores absolutos extremos verificados foram 6,8% para o quadrante Noroeste (NW) e 14,9% para a Sudoeste (SW). Comportamento semelhante foi observado por RIBEIRO FILHO (1997) que cita valores médios de 15,71 °Brix para a mesma variedade e mesma localidade, porém, com maturação em condições ambientais à temperatura de 29,6 °C e umidade relativa de 60,7%. SALLES (1994), observou valores entre 8,2 e 17,4% e SOUSA (2001) entre 7 e 13,7° Brix, para a variedade *Tommy Atkins*, na mesma região. Esta diferença, segundo FONSECA *et al.* (1994) pode estar associada, também, ao grau de maturação dos frutos. Estatisticamente (Tabela 23 no Apêndice) não houve efeito significativo dos tipos de arquitetura e quadrantes nos valores dos sólidos solúveis totais (SST), nem tampouco de interação entre os dois fatores. As estimativas de SST em função do tempo mostram-se muito próximas, com  $R^2$  variando entre 97,41 e 99,91, evidenciando que o efeito de arquitetura no tempo pode ser considerado inexistente.

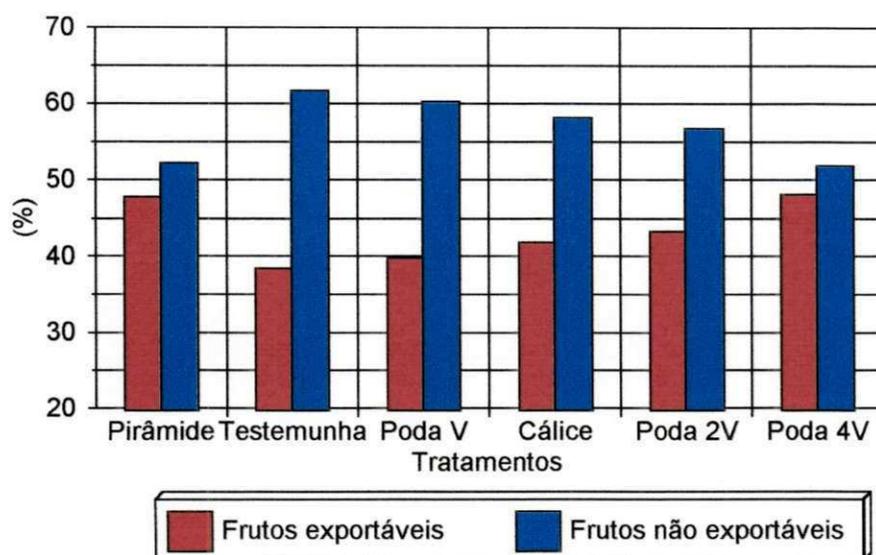


Figura 77. Percentual de frutos exportáveis e não exportáveis por tratamento na mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

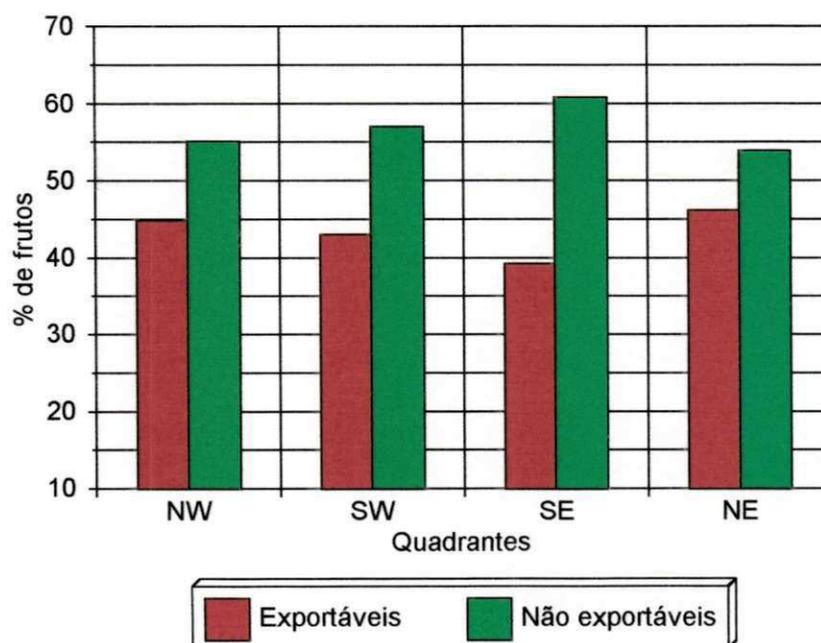


Figura 78. Percentual de frutos exportáveis e não exportáveis por quadrante na mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

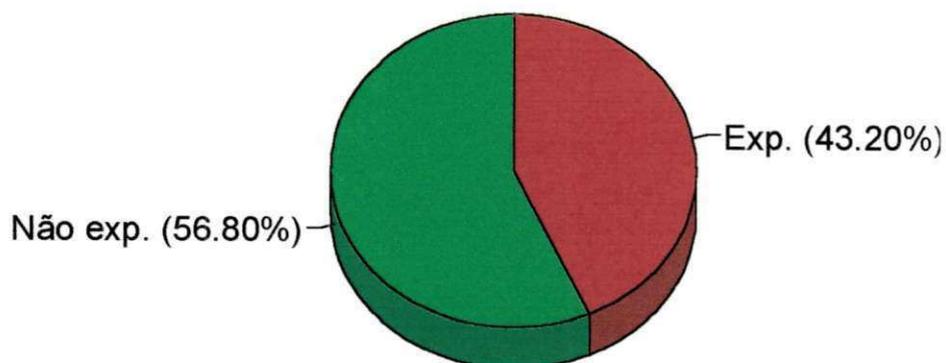


Figura 79. Percentual de frutos exportáveis e não exportáveis na mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

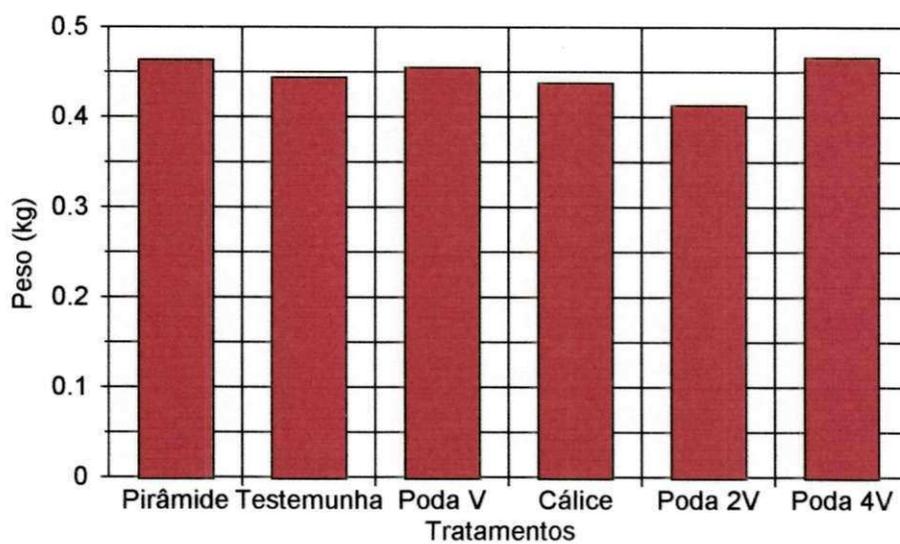


Figura 80. Peso médio dos frutos por tratamento na mangueira *Tommy Atkins*, em Mossoró-RN, 2001/2002.

#### 4.16.2. Acidez Total Titulável (ATT)

O conteúdo de acidez total titulável dos frutos analisados apresentou acentuada redução ao longo do tempo variando, em média, de 16,5 mmol de  $\text{H}_3\text{O}^+$  no tempo zero para 4,9 mmol de  $\text{H}_3\text{O}^+$  após 31 dias de armazenamento (Figura 82 e Tabela 25). Essa redução na ATT pode estar associada ao consumo de ácidos orgânicos durante o processo respiratório. Os valores absolutos extremos foram verificados no quadrante noroeste (NW), com o máximo de 20,4 mmol de  $\text{H}_3\text{O}^+$  no tempo 24 dias e mínimo de 3,9 mmol de  $\text{H}_3\text{O}^+$  aos 31 dias. Na avaliação no momento da colheita, a média para os frutos da arquitetura cálice foi superior às demais. No entanto, essa diferença foi se anulando ao longo do tempo, passando a praticamente não existir nas avaliações de 24 e 31 dias. Estes valores são coerentes com aqueles encontrados por RIBEIRO FILHO (1997), para a mesma variedade e região (14,57 mmol de  $\text{H}_3\text{O}^+$ ), com maturação dos frutos em condições ambientais. O mesmo autor encontrou valores de ATT entre 6,77 e 44,79 mmol de  $\text{H}_3\text{O}^+$  para outras variedades. SOUSA (2001), após 14 dias de armazenamento sob condições ambiente, encontrou valores médios de ATT entre 1,39 e 16,92 mmol de  $\text{H}_3\text{O}^+$  para a mesma variedade e mesmo local. FONSECA *et al.* (1994), encontraram para algumas variedades, entre elas a *Tommy Atkins*, valores de ATT variando entre 6,77 e 22,39 mmol de  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

A análise estatística da Tabela 24 (Apêndice), evidencia que não houve efeito significativo dos tipos de arquitetura e quadrantes nos valores de ATT, nem tampouco da interação entre os dois fatores. As melhores correlações para ATT x tempo de armazenamento, foram obtidas nas arquiteturas pirâmide, testemunha e poda 4V.

#### 4.16.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

A Figura 83 mostra que houve um aumento do pH com o tempo de armazenamento dos frutos, independentemente da arquitetura e quadrante, uma vez que não houve efeito desses dois parâmetros. A Tabela 25 mostra que os valores do potencial hidrogeniônico (pH) variaram entre 3,0 e 4,2, tendo o maior valor ocorrido no quadrante SW, aos 31 dias de armazenamento dos frutos. Em média, o pH esteve próximo de 3,1 nas análises realizadas a zero e 24 dias. No entanto, apresentou um pequeno aumento aos 31 dias com a média, subindo para 3,9, provavelmente em função da diminuição da acidez provocada pelo avanço do desenvolvimento fisiológico dos frutos.

Tabela 25. Valores médios das propriedades químicas dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

**QUADRANTE NW**

Tratamento	SST (%)			ATT (mmol/100mL)			pH		
	0 Dia	24 Dias	31 Dias	0 Dia	24 Dias	31 Dias	0 Dia	24 Dias	31 Dias
Pirâmide	7,7	13,4	14,3	15,5	15,8	4,5	3,1	3,1	4,0
Testemunha	6,9	13,5	14,3	17,9	16,0	5,0	3,1	3,1	4,0
Poda V	7,3	12,1	14,6	15,7	17,1	5,2	3,1	3,0	4,0
Cálice	6,8	12,8	13,0	19,0	20,4	5,0	3,0	3,0	4,0
Poda 2V	7,3	13,7	11,2	15,9	14,2	3,9	3,1	3,2	3,0
Poda 4V	7,7	13,3	12,9	15,4	13,9	4,8	3,1	3,2	4,0

**QUADRANTE SW**

Tratamento	SST (%)			ATT (mmol/100mL)			pH		
	0 Dia	24 Dias	31 Dias	0 Dia	24 Dias	31 Dias	0 Dia	24 Dias	31 Dias
Pirâmide	7,5	12,4	13,9	17,5	15,9	4,1	3,0	3,1	4,1
Testemunha	7,5	13,6	14,5	15,3	15,1	4,5	3,1	3,1	4,0
Poda V	7,7	12,7	14,6	16,3	15,3	4,4	3,1	3,1	3,9
Cálice	6,9	12,6	13,4	19,8	15,0	4,9	3,0	3,2	3,9
Poda 2V	7,4	13,8	14,9	15,4	15,7	4,6	3,1	3,2	4,2
Poda 4V	7,5	12,9	13,7	16,0	15,1	4,7	3,1	3,2	3,9

**QUADRANTE SE**

Tratamento	SST (%)			ATT (mmol/100mL)			pH		
	0 Dia	24 Dias	31 Dias	0 Dia	24 Dias	31 Dias	0 Dia	24 Dias	31 Dias
Pirâmide	7,4	13,9	14,1	15,8	12,9	5,6	3,1	3,2	4,0
Testemunha	7,0	13,7	14,5	16,1	14,5	4,7	3,1	3,1	4,0
Poda V	7,7	13,0	14,4	16,3	16,1	5,0	3,1	3,1	4,0
Cálice	7,0	13,0	14,0	19,1	15,5	4,6	3,0	3,0	4,0
Poda 2V	7,4	13,5	14,8	16,1	16,1	4,4	3,1	3,4	4,0
Poda 4V	7,2	12,6	12,8	16,9	15,2	5,5	3,0	3,1	3,9

**QUADRANTE NE**

Tratamento	SST (%)			ATT (mmol/100mL)			pH		
	0 Dia	24 Dias	31 Dias	0 Dia	24 Dias	31 Dias	0 Dia	24 Dias	31 Dias
Pirâmide	7,2	12,9	13,9	15,7	15,9	4,9	3,1	3,1	4,0
Testemunha	7,7	13,8	14,1	16,6	15,3	4,9	3,1	3,1	3,9
Poda V	7,9	12,6	14,6	14,6	16,2	4,7	3,2	3,0	4,0
Cálice	7,7	13,0	14,2	17,9	16,6	5,0	3,0	3,1	4,0
Poda 2V	8,0	13,7	14,4	14,8	13,2	5,8	3,2	3,1	3,9
Poda 4V	7,0	13,3	13,1	16,3	13,9	5,8	3,2	3,2	3,9
Média	7,4	13,2	13,9	16,5	15,5	4,9	3,1	3,1	3,9
Max.	8,0	13,9	14,9	19,8	20,4	5,8	3,2	3,4	4,2
Min.	6,8	12,1	11,2	14,6	12,9	3,9	3,0	3,0	3,0

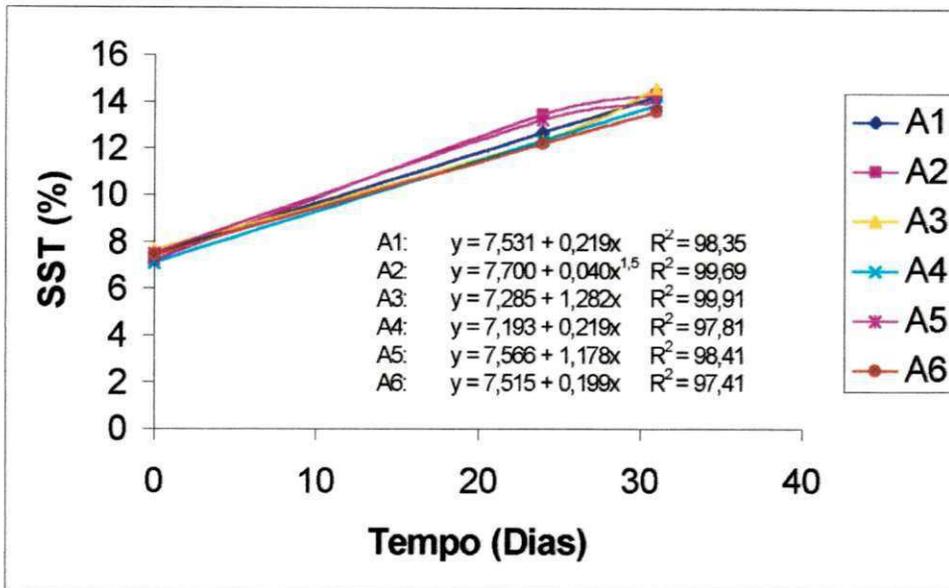


Figura 81. Efeito do tempo sobre o Teor de Sólidos Solúveis (SST) em frutos de manga *Tommy Atkins* colhidos nas arquiteturas pirâmide (A1), testemunha (A2), poda V (A3), cálice (A4), poda 2V (A5) e poda 4V (A6) em Mossoró-RN, 2001/2002.

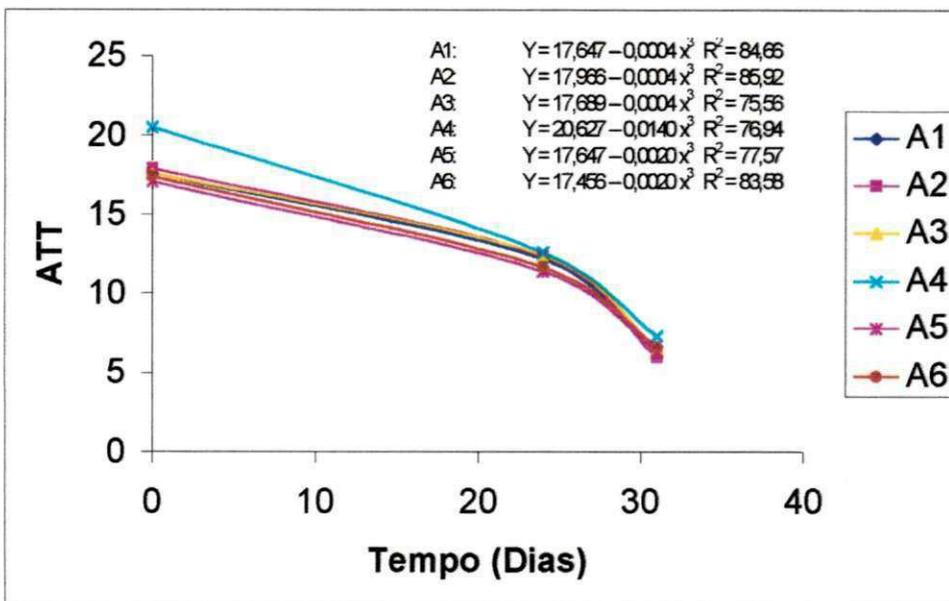


Figura 82. Efeito do tempo sobre a Acidez Total Titulável (ATT) em frutos de manga *Tommy Atkins* colhidos nas arquiteturas pirâmide (A1), testemunha (A2), poda V (A3), cálice (A4), poda 2V (A5) e poda 4V (A6) em Mossoró-RN, 2001/2002.

RIBEIRO FILHO (1997) cita um valor médio de 3,51 para a mesma variedade e local. SOUSA (2001) encontrou para Mossoró-RN, valores entre 3,53 e 5,49 para o pH da manga *Tommy Atkins*, após 21 dias de armazenamento, sob condições ambiente. SIQUEIRA *et al.* (1988) afirmam que os valores de pH da manga raramente excedem 4,5. A análise estatística ANAVA da Tabela 25 (Apêndice) indica que não houve significância para os tipos de arquitetura e quadrantes testados, como também para a interação entre estes dois fatores.

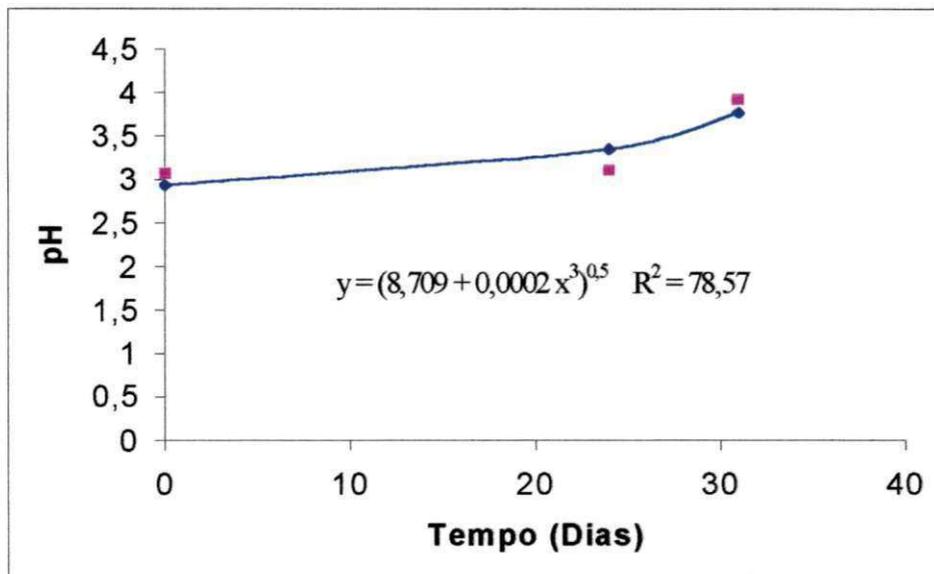


Figura 83. Efeito do tempo sobre o Potencial Hidrogeniônico (pH) em frutos de manga *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

#### 4.16.4. Coloração dos Frutos

As Figuras 84 a 88 e as Tabelas 26 a 28 apresentam os resultados médios da coloração dos frutos, em análise feita logo após a colheita. Nos vários tratamentos, a intensidade de coloração média **C** foi, aproximadamente, 30, com intensidade luminosa **L** 55 para a coloração verde externo, enquanto que para a coloração vermelho externo o **C** teve valor médio em torno de 23 com **L** 42.

Não houve diferença estatística significativa para a coloração verde externo, entre os quadrantes estudados da testemunha e os demais tratamentos, exceto o quadrante noroeste (NW) da arquitetura poda V que apresentou uma coloração verde bastante intensa com C de 51, sem apresentar variação estatística quanto à luminosidade L. Para a coloração vermelho externo observou-se um comportamento semelhante ao da coloração verde externo no que se refere às médias dos quadrantes das arquiteturas cálice, pirâmide, poda 2V e poda 4V que não diferiram estatisticamente entre si.

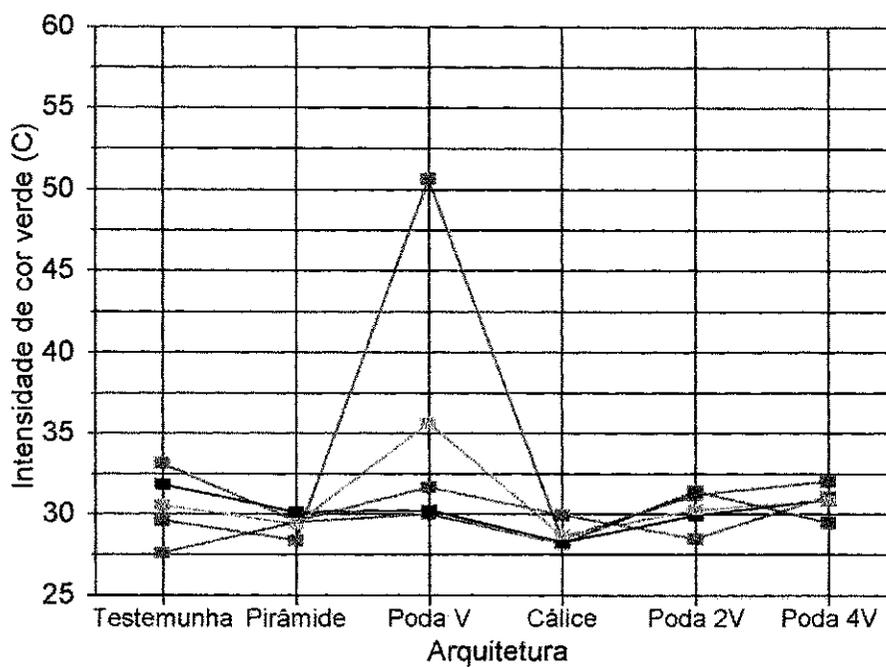
Na testemunha observou-se que as médias dos quadrantes sudoeste (SW), nordeste (NE) e sudeste (SE) não diferiram entre si, como também não houve diferença significativa entre as médias dos quadrantes noroeste (NW) e nordeste (NE). Com relação à arquitetura poda V sobressaiu-se o quadrante noroeste (NW) com a maior média, com C 42, não havendo diferença significativa entre as médias dos demais quadrantes. Portanto, entre todos os tratamentos estudados, o mais eficiente em desenvolvimento de coloração verde e vermelho externo, característica da manga *Tommy Atkins*, foi o quadrante noroeste (NW) da arquitetura poda V. Este resultado é coerente com a teoria segundo a qual a maior absorção de radiação solar desenvolve com maior eficiência a coloração dos frutos. Isto muito provavelmente ocorreu, porque neste tratamento, em particular, a radiação solar teve maior penetração no interior do dossel vegetativo das árvores, uma vez que sua abertura permitiu incidência dos raios solares desde o nascer até o pôr do Sol, e assim elevou a temperatura interna dos frutos. Outro aspecto a ser considerado, relativo à elevada intensidade da coloração verde apresentada pelos frutos do quadrante noroeste (NW) da arquitetura poda V, está associado ao fato de que os frutos foram analisados imediatamente após a colheita e, portanto, não foram armazenados. Desse modo, a degradação fisiológica da clorofila ainda não havia sido iniciada, o que evidenciaria a pigmentação responsável pela coloração característica da manga *Tommy Atkins*. CHITARRA & CHITARRA (1990) citam que a coloração dos frutos está diretamente ligada a presença dos pigmentos clorofila, carotenóides, antocianinas e em alguns frutos as antoxantinas. Durante a maturação, a cor da casca muda gradualmente de verde para avermelhado/amarelado. A perda de cor verde é devida à decomposição estrutural da clorofila em decorrência de vários fatores que atuam isoladamente ou em conjunto. Algumas cultivares desenvolvem uma coloração avermelhada brilhante que tem sido atribuída a antocianinas, enquanto outras mantêm uma

maior proporção de cor verde, embora estejam completamente maduras. Os carotenóides são, em geral, pigmentos de cor amarela, laranja ou vermelha, predominantes em frutos cítricos, manga, mamão e abacaxi. Esses pigmentos são encontrados como carotenos ou como ésteres de xantofila, cuja intensidade de cor é dependente da quantidade e do tipo de pigmento presentes. Os pigmentos carotenóides podem já estar presentes nos frutos, tornando-se visíveis com a degradação da clorofila ou podem ser sintetizados, simultaneamente, com a degradação desta. Na cultivar *Tommy Atkins*, observa-se uma rápida destruição de clorofila, com a clorofila **a** preferencialmente degradada em relação à clorofila **b** (MEDLICOTT, REYNOLDS & THOMPSON, 1986).

A coloração interna (Figura 88), mostrou resultados semelhantes aos observados para as colorações verde e vermelho externo, no mesmo quadrante noroeste (NW) da arquitetura poda V que desenvolveu mais intensamente a coloração. Praticamente todos os valores encontrados neste trabalho, de **C**, **L** e **H**, estão de acordo com aqueles citados na Tabela 5, pelo Núcleo de Pós-colheita da Embrapa Agroindustrial Tropical, para a variedade estudada. Estudos efetuados na Austrália com a cultivar Kensington, poliembriônica, apresentaram cor vermelha, somente no lado do fruto exposto à radiação solar, indicando que a posição do fruto na planta tem efeito significativo no desenvolvimento da cor, devido às diferenças de penetração de luz dentro do dossel vegetativo durante o desenvolvimento do fruto (SCHAFFER *et al.*, 1994).

Estatisticamente, as Tabelas 26, 28 e 30 (Apêndice) mostram que para a intensidade da cor **C** (Chroma) houve efeito significativo da interação entre arquitetura e quadrante em todas as variáveis analisadas (verde externo, vermelho externo e cor interna). Esse fato indica comportamento diferenciado nos quadrantes em função da arquitetura da árvore. Dessa forma, existiu dependência entre os dois fatores, sendo necessário o desdobramento da interação para cada variável. A interação arquitetura versus quadrante para a cor verde externo (Tabela 27 no Apêndice) mostra que houve apenas efeito de quadrante dentro da arquitetura poda V. Nesse caso observou-se que o quadrante noroeste (NW) difere estatisticamente dos demais, com a maior média para o verde externo.

a)



b)

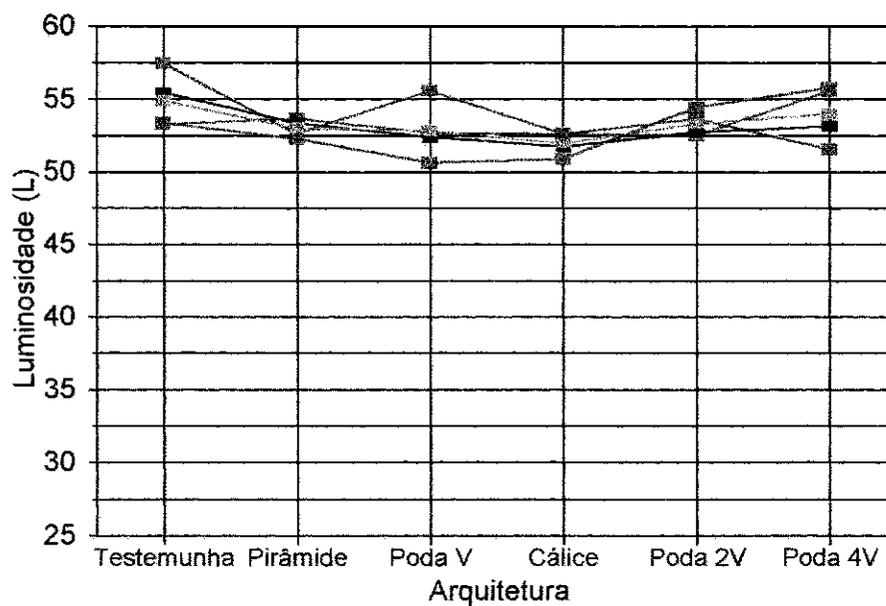
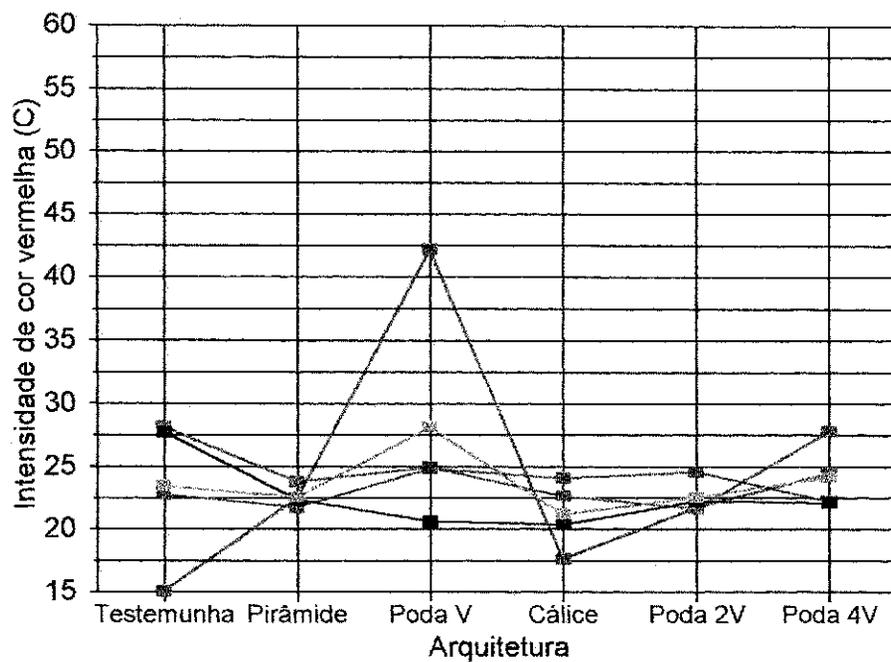


Figura 84. Valores da coloração verde externa dos frutos C (a) e luminosidade da cor L (b) nas diferentes arquiteturas de poda da manga *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)



b)

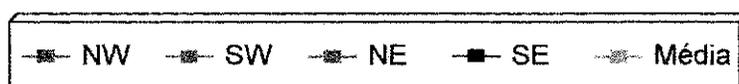
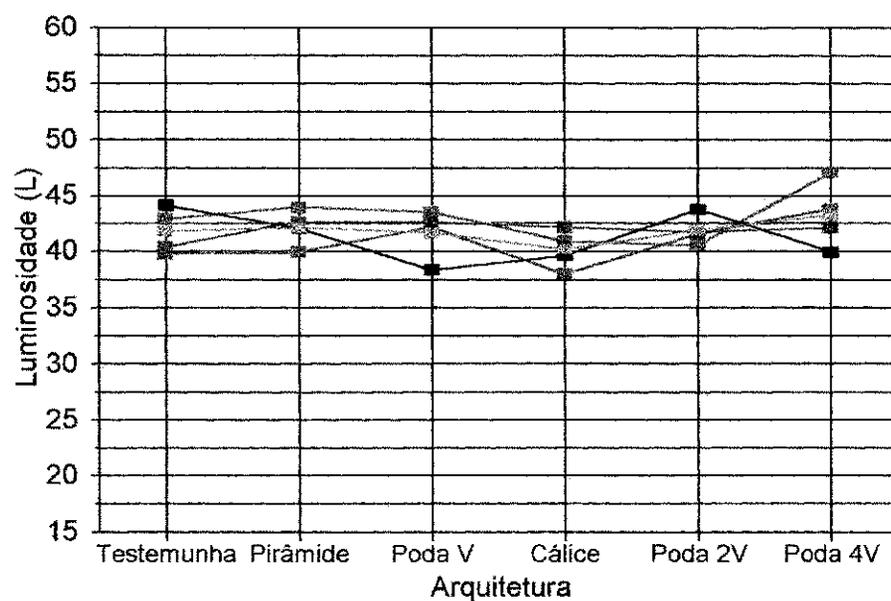
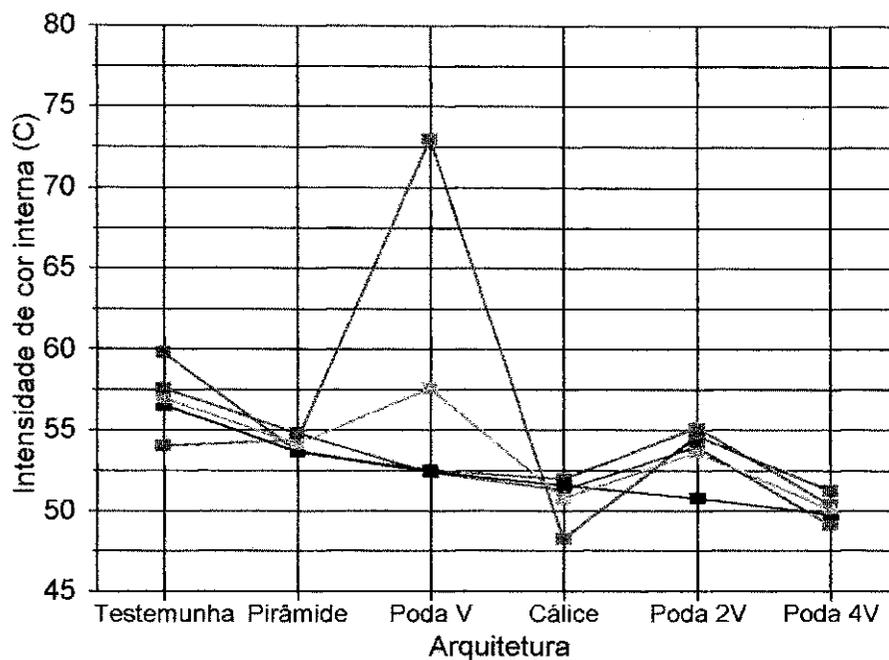


Figura 85. Valores da coloração vermelha externa dos frutos C (a) e luminosidade da cor L (b) nas diferentes arquiteturas de poda da manga *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)



b)

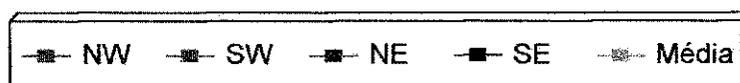
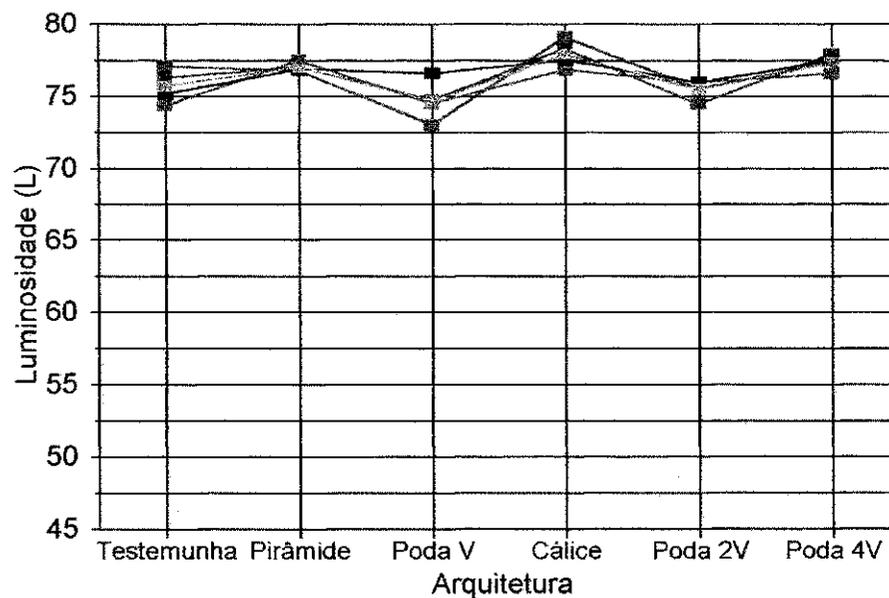
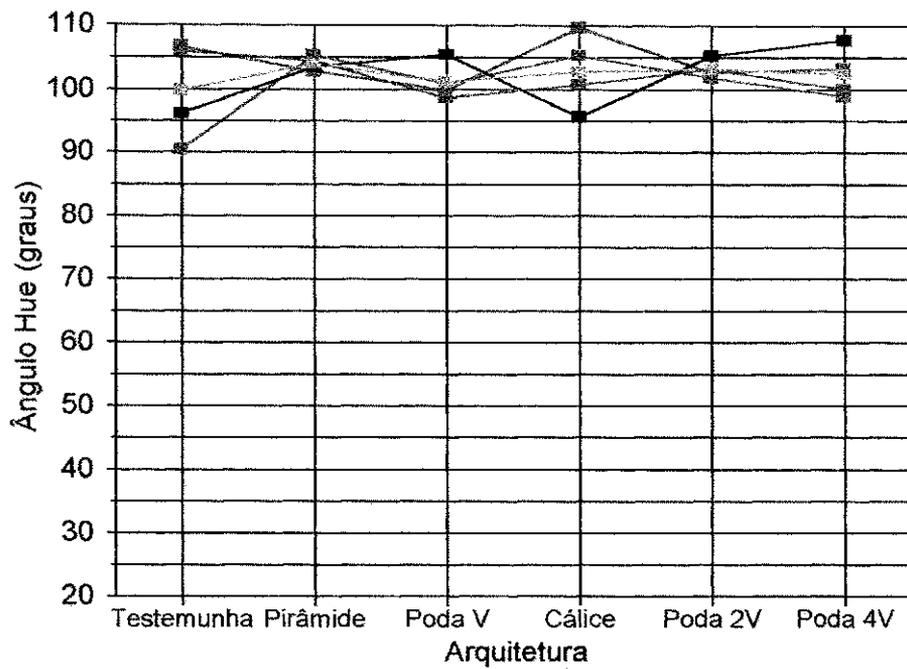


Figura 86. Valores da coloração interna dos frutos **C** (a) e luminosidade da cor **L** (b) nas diferentes arquiteturas de poda da manga *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

a)



b)

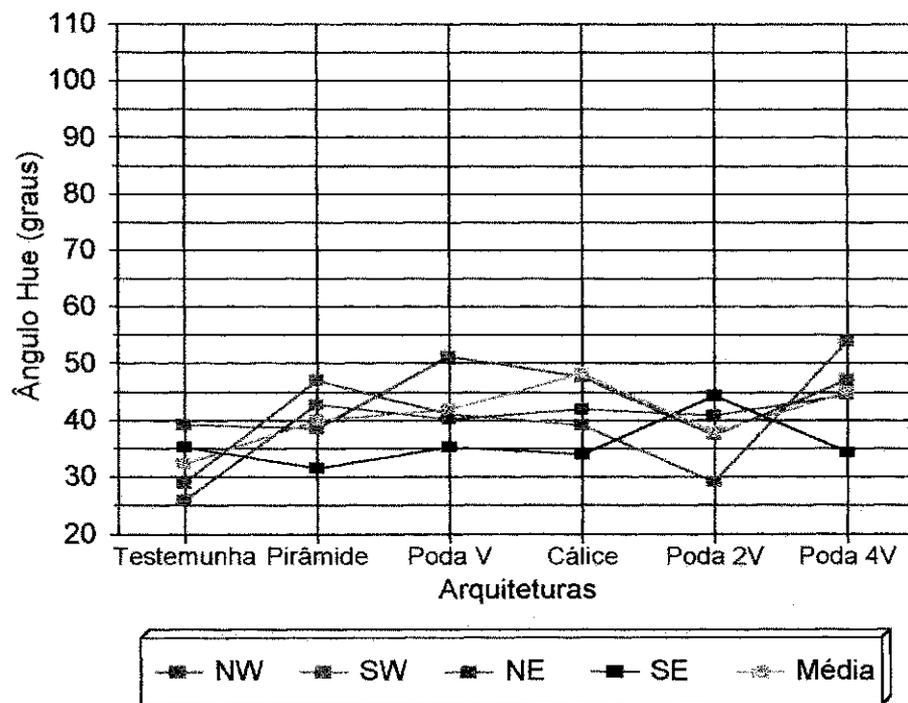


Figura 87. Valores do ângulo Hue ( $H$ ) da coloração: a) verde externo e (b) vermelho externo dos frutos nas diferentes arquiteturas de poda da manga *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

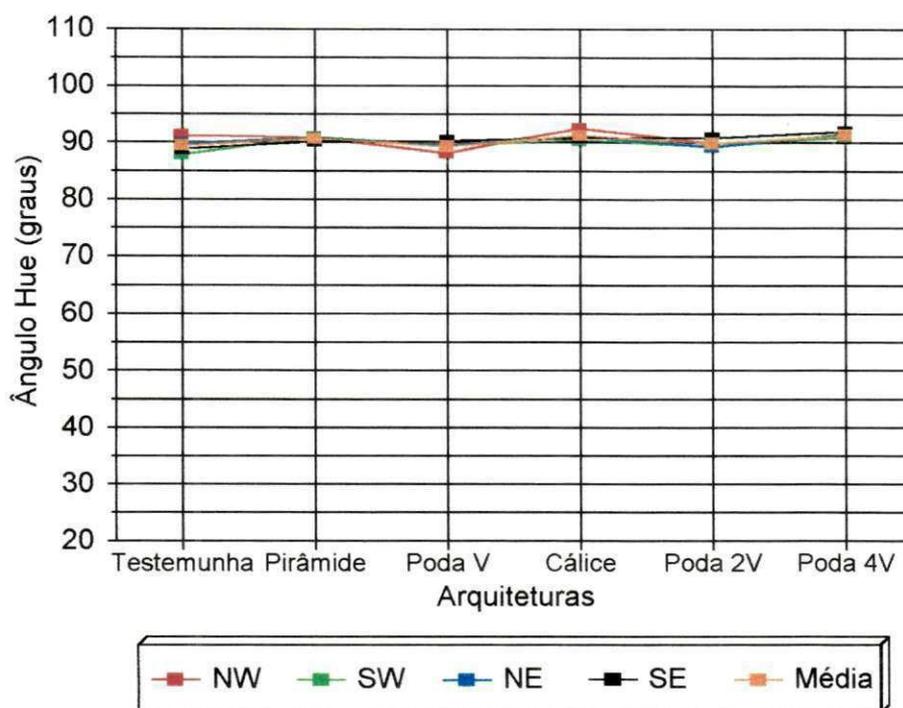


Figura 88. Valores do ângulo Hue (**H**) da coloração interna dos frutos nas diferentes arquiteturas de poda da manga *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Com relação ao vermelho externo, as médias dos quadrantes não diferiram estatisticamente dentro das arquiteturas cálice, pirâmide, poda 2V e poda 4V. Para a arquitetura testemunha, observou-se que as médias dos quadrantes sudoeste (SW), nordeste (NE) e sudeste (SE) não diferiram. Também não houve diferença entre as médias dos quadrantes noroeste (NW) e nordeste (NE). Com relação à arquitetura poda V, sobressaiu-se o quadrante noroeste (NW), com a maior média. Não houve diferença significativa entre as médias dos quadrantes sudoeste (SW), nordeste (NE) e sudeste (SE).

No que diz respeito à coloração interna dos frutos, as médias dos quadrantes não diferiram estatisticamente dentro das arquiteturas testemunha, cálice, pirâmide, poda 2V e poda 4V. Com relação à arquitetura poda V, sobressaiu-se o quadrante noroeste (NW), com a maior média. Não houve diferença significativa entre as médias dos quadrantes sudoeste (SW), nordeste (NE) e sudeste (SE). Não foram verificadas diferenças entre as médias dos quadrantes para as demais arquiteturas analisadas.

Tabela 26. Valores médios da intensidade (C) da cor dos frutos da manga *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

	<b>Chroma</b>				
	<i>Externa verde</i>				
	NW	SW	NE	SE	Média
<b>Testemunha</b>	29,64	33,17	27,65	31,83	30,57
<b>Pirâmide</b>	28,40	29,61	29,54	30,10	29,41
<b>Poda V</b>	50,69	31,70	30,07	30,21	35,67
<b>Cálice</b>	28,53	30,00	28,23	28,28	28,76
<b>Poda 2V</b>	31,22	28,52	31,45	29,95	30,29
<b>Poda 4V</b>	32,07	31,13	29,53	30,90	30,91
<b>Média</b>	33,43	30,69	29,41	30,21	
	<i>Externa vermelha</i>				
	NW	SW	NE	SE	Média
<b>Testemunha</b>	15,09	28,20	22,81	27,71	23,45
<b>Pirâmide</b>	22,54	23,82	21,77	22,35	22,62
<b>Poda V</b>	42,26	24,98	24,87	20,60	28,18
<b>Cálice</b>	17,70	22,70	24,12	20,38	21,22
<b>Poda 2V</b>	21,79	21,68	24,63	22,22	22,58
<b>Poda 4V</b>	24,55	27,90	22,32	22,09	24,21
<b>Média</b>	23,99	24,88	23,42	22,56	
	<i>Interna</i>				
	NW	SW	NE	SE	Média
<b>Testemunha</b>	54,07	59,81	57,61	56,54	57,01
<b>Pirâmide</b>	54,40	53,76	54,85	53,69	54,17
<b>Poda V</b>	73,05	52,58	52,44	52,43	57,62
<b>Cálice</b>	48,32	52,02	51,34	51,58	50,82
<b>Poda 2V</b>	54,69	55,20	54,03	50,79	53,68
<b>Poda 4V</b>	51,32	50,46	49,17	49,75	50,17
<b>Média</b>	55,98	53,97	53,24	52,46	

Tabela 27, Valores médios da luminosidade (L) da cor dos frutos da manga *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

	<b>L</b>				
	<i>Externa verde</i>				
	<b>NW</b>	<b>SW</b>	<b>NE</b>	<b>SE</b>	<b>Média</b>
<b>Testemunha</b>	53,41	57,52	53,32	55,43	54,92
<b>Pirâmide</b>	52,29	52,67	53,71	53,38	53,01
<b>Poda V</b>	50,69	55,65	52,77	52,37	52,87
<b>Cálice</b>	50,94	52,71	52,66	51,77	52,02
<b>Poda 2V</b>	54,48	52,55	53,71	52,77	53,38
<b>Poda 4V</b>	55,85	55,60	51,61	53,14	54,05
<b>Média</b>	52,94	54,45	52,96	53,14	
	<i>Externa vermelha</i>				
	<b>NW</b>	<b>SW</b>	<b>NE</b>	<b>SE</b>	<b>Média</b>
<b>Testemunha</b>	39,85	42,98	40,43	44,15	41,85
<b>Pirâmide</b>	39,99	44,00	42,70	42,07	42,19
<b>Poda V</b>	42,26	43,59	42,66	38,36	41,72
<b>Cálice</b>	38,06	41,00	42,21	39,66	40,23
<b>Poda 2V</b>	41,58	40,59	41,78	43,77	41,93
<b>Poda 4V</b>	43,84	47,16	42,17	39,94	43,28
<b>Média</b>	40,93	43,22	41,99	41,33	
	<i>Interna</i>				
	<b>NW</b>	<b>SW</b>	<b>NE</b>	<b>SE</b>	<b>Média</b>
<b>Testemunha</b>	77,13	74,41	76,31	75,19	75,76
<b>Pirâmide</b>	76,82	77,55	77,07	76,90	77,08
<b>Poda V</b>	73,05	74,55	74,80	76,59	74,75
<b>Cálice</b>	79,15	76,90	78,34	77,52	77,98
<b>Poda 2V</b>	75,60	76,01	74,53	75,98	75,53
<b>Poda 4V</b>	77,39	76,62	77,99	77,49	77,37
<b>Média</b>	76,52	76,01	76,51	76,61	

Tabela 28, Valores médios do ângulo Hue (H) da cor dos frutos da manga *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

	<b>Hue</b>				
	<i>Externa verde</i>				
	<b>NW</b>	<b>SW</b>	<b>NE</b>	<b>SE</b>	<b>Média</b>
<b>Testemunha</b>	106,70	90,48	106,09	96,13	99,85
<b>Pirâmide</b>	102,86	105,49	104,52	103,47	104,08
<b>Poda V</b>	99,90	100,98	98,71	105,46	101,26
<b>Cálice</b>	109,74	105,44	100,89	95,56	102,91
<b>Poda 2V</b>	102,76	102,01	103,25	105,32	103,33
<b>Poda 4V</b>	103,40	99,03	100,14	107,74	102,58
<b>Média</b>	104,23	100,57	102,27	102,28	
	<i>Externa vermelha</i>				
	<b>NW</b>	<b>SW</b>	<b>NE</b>	<b>SE</b>	<b>Média</b>
<b>Testemunha</b>	39,29	28,98	25,90	35,23	32,35
<b>Pirâmide</b>	38,57	47,09	42,87	31,55	40,02
<b>Poda V</b>	51,23	41,22	40,30	35,26	42,00
<b>Cálice</b>	47,75	39,33	42,11	33,92	40,78
<b>Poda 2V</b>	37,51	29,26	40,97	44,37	38,03
<b>Poda 4V</b>	47,21	54,07	44,66	34,26	45,05
<b>Média</b>	43,59	39,99	39,47	35,76	
	<i>Interna</i>				
	<b>NW</b>	<b>SW</b>	<b>NE</b>	<b>SE</b>	<b>Média</b>
<b>Testemunha</b>	91,31	87,88	89,88	88,79	89,46
<b>Pirâmide</b>	90,87	91,02	90,91	90,12	90,73
<b>Poda V</b>	88,22	89,62	89,60	90,30	89,43
<b>Cálice</b>	92,59	90,46	91,13	90,83	91,25
<b>Poda 2V</b>	89,95	89,58	89,38	90,91	89,96
<b>Poda 4V</b>	91,07	91,23	91,65	92,02	91,49
<b>Média</b>	90,67	89,96	90,43	90,49	

Com relação à luminosidade da cor dos frutos (**L**), observa-se pelas Tabelas 32 a 34 (Apêndice) que os efeitos de arquitetura, de quadrante e da interação entre ambos não foram significativos para as variáveis verde externo, vermelho externo e interno.

Outro aspecto a ser avaliado é a definição da cor em si (ângulo **Hue**), apresentado nas Figuras 87 e 88. Considerando a coloração verde externo (Figura 87a), pode-se observar que em função do ângulo **H** médio ter sido em torno de  $100^\circ$ , a cor predominante é a amarela esverdeada, sendo esta cor equivalente em todos os frutos provenientes das arquiteturas estudadas, uma vez que não houve diferença estatística significativa na comparação entre os valores médios do ângulo **H** e os demais valores em todos os tratamentos. Na análise estatística observa-se através das Tabelas 35 a 38 (Apêndice), que houve efeito significativo apenas da interação entre arquitetura e quadrante. Em razão disso, foi necessário realizar o desdobramento da interação (Tabela 36 no Apêndice), através da qual observa-se que na arquitetura testemunha, os frutos colhidos nos quadrantes noroeste (NW), nordeste (NE) e sudeste (SE) apresentaram maiores médias, porém não diferindo estatisticamente entre si. Não houve também diferença estatística entre os quadrantes sudoeste (SW) e sudeste (SE). Já na arquitetura cálice, destacou-se a média do quadrante noroeste (NW), embora não seja estatisticamente diferente das médias dos quadrantes sudoeste (SW) e nordeste (NE), que por sua vez não diferiram do quadrante sudeste (SE).

Para a cor vermelho externo não houve variação estatística (Tabela 37 no Apêndice) na comparação entre o valor médio do ângulo **H** ( $40^\circ$ ) e os demais valores dos tratamentos e quadrantes estudados sendo, portanto, esse valor equivalente à cor vermelho-amarelado. Seguindo a mesma tendência, o ângulo **H** médio ( $90^\circ$ ) para a cor interna dos frutos também foi semelhante para todos os tratamentos, em todos os quadrantes, tendo a cor interna da polpa se aproximado do amarelo. Todos os valores dos parâmetros que caracterizam a coloração da manga *Tommy Atkins*, encontrados neste trabalho, estão de acordo com aqueles citados por MORAIS *et al.* (2002), tanto para a coloração interna, como para a coloração externa dos frutos.

## 5. CONCLUSÕES

- as arquiteturas poda 2V e pirâmide, devido à inclinação favorável e coloração verde claro das folhas novas, foram as que apresentaram as maiores reflectâncias de radiação de onda curta;
- a menor reflexão de radiação infravermelha ocorreu na arquitetura poda 4V (28,9%) e a maior na pirâmide (34,0%). A alta reflectância da arquitetura pirâmide deve estar associada à grande quantidade de folhas jovens e maior área foliar vista pelo radiômetro, devido à geometria do dossel. Já no cálice, a superfície de solo gramado deve ter contribuído para a alta reflexão da radiação infravermelha (33,5%). Nas arquiteturas pirâmide, poda V, cálice e poda 2V houve momentos entre 11:00 e 13:00 horas em que a quantidade de radiação infravermelha que chegou na base, foi maior que aquela que chegava no topo do dossel. Isto ocorreu, devido naqueles instantes, o radiômetro instalado na base do dossel, além de receber a radiação direta, em função da abertura da copa, recebia também, as radiações refletidas e/ou emitidas pela folhagem do dossel;
- na maioria das arquiteturas estudadas, houve pouca reflexão de radiação fotossinteticamente ativa pela superfície foliar. Isto mostra que quase toda a radiação incidente na faixa espectral do visível foi absorvida ou transmitida pelos dosséis;
- o albedo diário apresentou um comportamento em "U", com os maiores valores ocorrendo no início e final do dia e os menores próximo ao meio dia. Porém, os dosséis pirâmide e testemunha, por terem uma maior densidade foliar, apresentaram uma variação de albedo mais ou menos constante nas primeiras e últimas horas do dia, e bem mais definido que os demais dosséis, devido a estes últimos apresentarem aberturas mais acentuadas;

- os dosséis testemunha e pirâmide por serem mais densos absorveram mais radiação fotossinteticamente ativa (PAR) que os demais. O cálice foi a abertura de copa que menos absorveu radiação fotossinteticamente ativa (PAR);
- a temperatura em torno dos frutos nos três tipos de dosséis estudados esteve sempre acima da temperatura do ar, cerca de 1°C, com a testemunha apresentando temperatura praticamente igual a do ar, e a arquitetura cálice registrando um  $\Delta t$  para mais, de 2 °C. Mesmo não tendo havido diferenças estatísticas entre as temperaturas médias dos quadrantes, no tratamento cálice houve um maior aquecimento no período diurno no quadrante SW, o qual apresentou o maior valor absoluto de temperatura (43 °C), enquanto no quadrante NW da arquitetura pirâmide durante o período noturno foi observada a menor temperatura (18,1 °C). Os valores máximos de temperatura ocorreram entre 13:00 e 14:00 horas;
- as arquiteturas poda 4V e poda V foram as mais produtivas (cerca de 16 ton/ha), superando a média regional (13 ton/ha) em aproximadamente 23% e a produtividade da testemunha em cerca de 73%. Todas as arquiteturas de dossel testadas foram mais produtivas do que a testemunha. Os quadrantes mais produtivos foram SW e NE com peso total dos frutos acima de 700 kg, enquanto o quadrante SE foi o menos produtivo, aproximadamente 619 kg nas trinta plantas do *stand*. Em, praticamente, todos os quadrantes as arquiteturas poda 4V, poda V e cálice foram as mais produtivas, somente no quadrante NW a pirâmide superou o cálice;
- as arquiteturas poda 4V e pirâmide produziram cerca de 10% a mais frutos com qualidade para exportação do que a testemunha, e todas as arquiteturas estudadas, proporcionalmente, produziram mais frutos para exportação, que a testemunha;
- as perdas de frutos foram bastante elevadas, cerca de quatro toneladas por hectare, sendo a testemunha o tratamento que teve maior índice de queda natural (34,5%) e o cálice a maior perda por colapso interno dos frutos, (87%);

- todos os tipos de arquitetura tiveram aumento no teor de sólidos solúveis totais (SST) e de pH ao longo do período de armazenamento dos frutos;
- a acidez total titulável (ATT) apresentou redução ao longo do tempo de armazenamento para todos os tipos de arquitetura. Embora no momento da colheita, a média de ATT dos frutos da arquitetura cálice tenha sido superior às demais, essa diferença foi se anulando ao longo do tempo, passando a praticamente não existir nas avaliações de 24 e 31 dias. Estatisticamente não houve efeito significativo dos tipos de arquitetura e quadrantes para SST, ATT e pH, nem tampouco de interação entre os dois fatores;
- entre os tratamentos estudados, o mais eficiente em desenvolvimento da intensidade de coloração verde e vermelho externo, característica da manga *Tommy Atkins*, foi o quadrante NW da arquitetura poda V. Para a coloração interna dos frutos as análises mostraram resultados semelhantes;
- os resultados obtidos mostraram que a penetração de radiação no interior dos dosséis em função das aberturas efetuadas com os diferentes tipos de arquiteturas, contribuiu de forma significativa para o aumento da produtividade e qualidade dos frutos.

## 6. SUGESTÕES

Com base na experiência adquirida nesta pesquisa, sugere-se que:

- esta pesquisa seja repetida em pomares que recebam todos os cuidados em termos de tratamentos culturais, condições fitossanitárias e de nutrientes do solo, para confrontar-se os resultados obtidos nesta pesquisa, bem como que novas pesquisas sejam desenvolvidas com outras variedades exploradas comercialmente na região, como forma de aprofundar a otimização do aproveitamento das condições climáticas. Neste contexto, seria muito importante um experimento mais longo, no qual as árvores desde jovens fossem

orientadas para melhor aproveitamento da radiação solar, através do condicionamento da arquitetura e da abertura do dossel;

- nas análises pós-colheita deverão ser feitas concomitantemente com as determinações do colorímetro, análise de degradação da clorofila total, carotenóides totais, antocianinas totais e amido ao longo da maturação fisiológica dos frutos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALADOS, I.; FOYO-MORENO, I.; ALADOS-ARBOLEDAS, L. Photosynthetically active radiation: measurements and modeling. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 78, p. 121-131, 1996.

ALBUQUERQUE, J. A. S. de; MOUCO, M. A. do C.; MEDINA, V. D.; SANTOS, C. R. dos; TAVARES, S. C. C. de H. **O cultivo da mangueira irrigada no semi-árido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido; VATEXPORT, 1999. 77 p.

ALBUQUERQUE, J. A. S. de; MOUCO, M. A. do C.; MEDINA, V. D.; VASCONCELOS, L. F. L. Sistemas de poda . In: **A cultura da mangueira**, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap.12, 454 p. ISBN 85-7383-160-X.

ALMEIDA, C. O. de; SOUZA, J. S. da; MENDES, L. N. do; PEREIRA, R. J. de. Tendências do mercado internacional de manga. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, CE, v. 32, n. 1, jan-mar. 2001.

AL-SHADAH, F. H. ; RAGAB F. M. Study of global daily solar radiation and its relation to sunshine duration in Bahrain. **Solar Energy**, v. 47, n. 2, p. 115-119, 1991.

ALVES, A. V.; AZEVEDO, P. V. Balanço de radiação em um cultivo de melão. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 520.

ARNFIELD, A. J. A note on the diurnal, latitudinal and seasonal variation of the surface reflection coefficient. **Journal of Applied Meteorology**, 14: 1603, 1975.

AOAC - **Official Methods Analysis**. Association Official Analytical Chemistry, 1992.

ASHTON, P. M. S. Some measurements of the microclimate within a Sri Lankan tropical rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology**, 59(3-4):217-235, July 1992.

ASRAR, G.; MYNEMI, R. B.; KANEMASU, E. T. Estimation of plant-canopy attributes from spectral reflectance measurements. **Theory Applied Optics Remote Sensing**. New York: Wiley, p. 252-296, 1989.

ASSIS, F. N. de; MENDEZ, M. E. G. Relações entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 797-800, 1989.

ASSUNÇÃO, H. F., BARBIERI, V. Estimativa da radiação ultravioleta em Piracicaba – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10. **Anais...**, Piracicaba, SP, 1997. p. 416 – 418.

AVILAN, R. L.; MENEZES, L. Effect of physical characteristic of the soil on the root distribution of mango trees (*Mangifera indica* L.). **Turrialba**, v. 29, n.2. 1997. p. 117-122.

BALDOCCHI, D. D.; HUTCHISON, B. A.; MATT, D. R.; MCMILLEN, R.T. Solar radiation within an oak-hickory forest: An evaluation of the extinction coefficients for several radiation components during fully-leafed and leafless periods. **Agricultural and Forest Meteorology**, 32(3-4): 307-322, Sep. 1984.

BARROSO, G. M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Viçosa: UFV: Imprensa Universitária, vol. II, 1984.

BEYER, H. G. *et al.* The monthly average daily time pattern of beam radiation. **Solar Energy**. (5):347-353, 1991.

BLEINROTH, E. W.; KATO, K.; SIMÃO, S.; MARTIN, J. de.; MIYA, E. E.; ANGELUCCI, E. E.; SOBRINHO, J. A.; CARVALHO, A. A. M. de.; POMPEO, R. M. **Caracterização de variedades de manga para industrialização**. Instruções Técnicas n. 13. Campinas: ITAL, 78p., 1976.

BRITTON C. M.; DODD, J. D. Relationships of photosynthetically active radiation and shortwave irradiance. **Agricultural and Forest Meteorology**, 17(1): 1-7, July 1976.

BRUNT, D. Notes on radiation in the atmosphere. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, London, v. 58, 389-420, 1932.

BRUINSMA, J. The quantitative analysis of chlorophylls A and B in plant extracts. **Photochemistry and Photobiology**, Elmsford, v.2, p.241-249, 1963.

BURLON, R.; BIVONA, S.; LEONE, C. Instantaneous hourly and daily radiation on tilted surfaces. **Solar Energy**, 47(2): 83-89, 1991.

BURMAN, R.; POCHOP, L. O. **Evaporation and climatic data**. Amsterdã: Elsevier, 1994. 278 p.

CANNELL, M. G. R.; MILENE, R.; SHEPPARD, L. J.; UNSWORTH, M. H. Radiation interception and productivity of willow. **Journal of Applied Ecology**, 24:261-278, 1987.

CARRARO, A. F.; CUNHA, M. M. da C. **Manual de exportação de frutas**. Brasília: MAARA/SDR/FRUPEX/IICA, 1994. 254 p.

CASTRO, A. M. G.; LIMA, S. M. V.; GOEDERT, W. J.; FREITAS FILHO, A. de; VASCONCELOS, J. R. P. **Cadeias produtivas e sistemas naturais: Prospecção tecnológica**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1998. 564 p.

CASTRO NETO, M. T. Aspectos fisiológicos da mangueira sob condições irrigadas. In: **Informações Técnicas sobre a Cultura da MANGA no Semi-árido Brasileiro**. Brasília: MAARA/EMBRAPA/CPATSA, 1995, cap. 3. 173 p.

CASTRO NETO, M. T. Aspectos fisiológicos da mangueira. In: **Abordagens do I Curso de Mangicultura da Região Meio-Norte**. Teresina-PI: SEMAB-PI/CNPq/MA-DFA-PI/CREA-PI,, 1999.

CHAGAS, F. C. **Normais climatológicas para Mossoró-RN (1970-1996)**. Mossoró: ESAM.1997, 40 p. Monografia (Graduação em Agronomia).

CHAKO, E. K. Problems in physiological investigations in tree crops. In: **Abstracts of II International Mango Symposium**, Kottayama, India. 1982. 41p.

CHANCE, J. E.; LEMASTER, E. W. Plant canopy light absorption model with application to wheat. **Journal of Optics**, 17: 2629-2636, 1978.

CHANG, J. **Climate and Agriculture: an ecological survey**. Chicago: Plandine, 1968.

CHEN, J. M.; BLACK, T. A. Defining leaf area index for non-flat leaves. **Plant Cell Environmental**. 15, 1992. p. 421-429.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: FAEPE, 1990. 293p.

CHOUDHURY, E. N.; SOARES, J. M. Comportamento do sistema radicular de fruteiras irrigadas. I. Mangueira em solo arenoso sob irrigação por aspersão sobcopa. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 12.**, 1992, Porto Alegre-RS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 3. 1992. p 169-176.

COELHO, Y. da S.; CUNHA, G. A. P. da. **Cr terios da avalia o da maturaa o e qualidade de frutos com  nfase para citros e abacaxi**. Cruz das Almas: CNPMF, 1982. 20p. (CNPMF, Circular, 01).

COHEN, S.; MORESHET, S.; GUILLOU, L. L.; SIMON, J. C.; COHEN, M. Response of citrus trees to modified radiation regime in semi-arid conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 48, n. 306, pp. 35-44, 1997.

CORTAZAR, V. G. DE; ACEVEDO, E. Modeling of PAR interc tecion and productivity by *Opuntia ficus-indica*. **Agricultural and Forest Meteorology**, 34(2-3):145-162, Apr. 1985.

COUTANCEAU, M. **Fruticultura**. Barcelona: Oikus-tan Ediciones, 1971. 608 p.

CUNHA, G. A.; SAMPAIO, J. M. M.; NASCIMENTO, A. S. ; SANTOS FILHO, H. P.; MEDINA, V. M. **Manga para exporta o: aspectos t cnicos da produa o**. Bras lia: MAARA/EMBRAPA-SPI, 1994. 35p. (S rie Publica o es T cnicas FRUPEX; 8).

DAVENPORT, T. L.; NU EZ-ELIZEA, R. Reproductive Phisiology. In: **The mango**, Wallingford: CAB International, 1997, p. 69-121.

DAVIES, J. A. MCKAY, D. C. Estimating solar irradiance and components. **Solar Energy**, 29 (1): 55-64, 1982.

DAVIES, J. A.; MCKAY, D. C. Evaluation of selected models for estimating solar radiation on horizontal surfaces. **Solar Energy**, 43 (3): 153-168, 1989.

DEMETRIADES-SHAH, T. H.; FUCHS, M.; KANEMASU, E. T.; FLITCROFT, I. A note of caution concerning the relationship between cumulated intercepted solar radiation and crop growth. **Agricultural and Forest Meteorology**, 58 (3-4): 193-207, Apr. 1992.

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, Y. PAULO; ISSIKI, K. Qualidade de luz e germinação de sementes de espécies arbóreas tropicais. **Acta Amazonica**. 22(1): 79-84, jan/mar. 1992.

DONADIO, L. C.; SOARES, N. B.; MORAIS, L. G.; XAVIER, N. J. D.; SCALOPI, E. J.; PIZA JUNIOR, C. T. **Características de algumas variedades de mangueiras cultivadas no estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 1982. 16p. (Boletim Técnico, 171).

DONADIO, L. C. **Cultura da mangueira**. Piracicaba: Livroceres, 1980. 72p.

ECK, T. F.; DEERING, D. W. Canopy albedo and transmittance in spruce-hemlock forest in mid-September. **Agricultural and Forest Meteorology**, 59(3-4): 237-248, July 1992.

EL-ADAWI, M. K.; EL-NIKLAWI, M. M.; KUTUB, A. A.; ELBARAKATI, G. G. Estimation of the hourly solar irradiance on a horizontal surface. **Solar Energy**, 36 (2): 129-134, 1986.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Londrina, v.3, n.1, p.39-45, 1991.

FAO. **Datos agrícolas de FAOSTAT – comércio – cultivo y ganado primários e derivados**. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 07 jan. 2000.

FAO. **Agricultural production and trade indices**. Disponível em: <<http://apps.fao.org/cgi-bin/nph-db.pl?subset=agriculture>>. Acesso em: 07 jan. 1997.

FAO. **Datos agrícolas de FAOSTAT – producción – cultivos primários – mango.**

Disponível em: <[http:// apps.fao.org](http://apps.fao.org)>. Acesso em: 07 jan. 2000.

FELIPPE, G. M. Fotomorfogênese. In: **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: USP, 1979.

FERREIRA, L. F.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; NEGREIROS, M. Z.; ARAÚJO, A. P.; SOUZA, T. H.; PEDROSA, J. F. Saldo de radiação em diferentes coberturas de solo na cultura do melão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12, 2001, Fortaleza, CE. **Anais...**, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p. 283-284.

FLORE, J. A.; LAKSO, A. N. Stone fruit. In: **Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. Vol. 1: Temperate Crops**. CRC Press, Boca Raton, p. 233-270, 1994.

FONSECA, N.; SILVA, S. DE O.; SAMPAIO, J. M. M. Caracterização e avaliação de cultivares de manga na região do Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 3, p. 29-45, 1994.

FOSTER, P. R. P.; ANDRE, R. G. B.; SANTOS, J. M. **Relações entre nebulosidade e horas de brilho solar**. INPE-3836-PRE/974, março 1986.

FRANÇA, S., ROSA, L. M. G., BERGAMASHI, H., NABINGER, C., SPANENNNBERG, P. Radiação fotossinteticamente ativa e sua relação com a radiação solar global em dossel de alfafa, em função do índice de área foliar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 147-153. 1997.

FRUTISÉRIES. Manga. Brasília: Ministério da Integração Nacional-MI, Secretaria de Infra-estrutura Hídrica, set. 1999. Disponível em: <[www.irrigar.org.br](http://www.irrigar.org.br)>. 22 jun 2002.

GATES, D. M. Spectral properties of plants. **Journal of Optics**, 4 (1): 11-20, jan. 1965.

GATES, D. M. **Biophysical ecology**. New York: Springer-Verlag, 1980. 611p.

- GALÁN SAÚCO, V. **El cultivo del mango**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1999. 98 p.
- GAUSMAN, H. W. Plant leaf optical properties in visible and near-infrared light. In: **Grad Studies**. Lubbock :Texas Tech. Univ. No. 29, 1985. p. 78
- GAYET, J. P. The european mango market-Brazil leads in Europe. **Fruitrop**. n. 2, p. 11-12. 1994.
- GEMTCHUJNICOV, I. D. **Manual de taxonomia vegetal: Plantas de interesse econômico**. São Paulo: Ceres, 1976.
- GUERREIRO, L. F.; CAVALCANTE, R.; MACEDO, W. **Manga: Estudo de Mercado 02/01**. Salvador-BA: Desenhahia, out. 2001. 15p.
- GOPINATHAN, K. K. Solar sky radiation estimation techniques. **Solar Energy**, 49(1): 9-11, 1992.
- HALL, F. G.; HUENNRICH, K. F.; GOWARD, S. N. Use of narrow-band spectra to estimate the fraction of absorbed photosynthetically active radiation. **Remote Sensing Environmental**, 32:47-54, 1990.
- HENRIQUES, R. P. B. **Estudo da arquitetura e interceptação de radiação solar por duas espécies de árvores do cerrado**. Brasília: UNB. 1983, 120 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia).
- HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some aspects of the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 27, n. 1, p 42-49, Jan./Fev. 1962.
- HUTCHISON, B. A.; MATT, D. R. Beam enrichment of diffuse radiation in a deciduous forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, 17(2): 93-110, Aug. 1976.

IDSO, S. B.; JACKSON, R. D. Thermal radiation from the atmosphere. **Journal Geophysical Research**, 74: 5397-5403, 1969.

IDSO, S. B.; JACKSON, R. D.; REGINATO, B. A. The dependence of bare soil albedo on water content. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 14, p. 109-113, 1975.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. London: Academic Press, 1983. 390 p.

JACKSON, J. E. Light interception and utilization by orchard systems. **Horticultural Reviews**, 2, p. 208-287, 1980.

JANUARIO, M.; VISWANADHAM, Y.; SENNA, R. C. Radiação solar total dentro e fora de floresta tropical umida de terra firme (Tucuruí, Pará). **Acta amazonica**. 22(3): 335-340, jul./set. 1992.

KADMAN, A., The uptake and accumulation of chloride in avocado leaves and the tolerance of avocado seedlings and saline conditions. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, p. 83-280, 1963.

KARABOURNIOTIS, G.; PAPADOPOULOS, K.; PAPAMARKOU, M.; MANETAS, Y. Ultraviolet-B radiation absorbing capacity of leaf hairs. **Physiology Plant**. 86: 414-418, 1992.

KARALIS, J. D. Characteristics of direct photosynthetically active radiation. **Agricultural and Forest Meteorology**, 48(3-4): 225-234, nov. 1989.

KATO, K.; DE MARINO, Z. J.; BLEINROTH, E. W.; MIYA, E. E.; SILVA, S. D. da.; ANGELUGGI, E. **Estudo da polpa concentrada de algumas variedades comuns de manga**. Campinas: ITAL, 1976. (Coletânea do ITAL, 7).

KEYS, S. J., **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI/Van Nostrand Reinhold, 1991.

KIMES, D. S.; SMITH, J. A. Simulation of solar radiation absorption in vegetation canopies. **Journal of Optics**, 19: 2801-2811, 1980.

KIRA, T. Forest ecosystems of East and Southeast Asia in a global perspective. **Ecology Research**, 6: 185-200, 1991.

LAKSHMINARAYANA, S. **Relación Del moment de la cosecha sobre la respiración de los constituyentes químicos y la duración del almacenamiento de mangas**. Mexico: Camición Nacional de Fruticultura, 1976. 16p. (Investigaciones Fisiologicas, 10).

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 529 p. ISBN: 85-86553-03-8.

LEITÃO, M. de M. V. B. R. **Balanço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada**. Campina Grande: DCA/CMM-TD, n. 03, 1989.

LEITÃO, M. M. V. B. R. **Balanço de Radiação em Três Ecossistemas da Floresta Amazônica: Campina, Campinarana e Mata Densa**. Tese (Doutorado em Meteorologia). 1994, 135p. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. (INPE 5587-TDI).

LEITÃO, M. M. V. B. R.; MOURA, M. S. B.; SALDANHA, T. R. F. C.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; OLIVEIRA, G. M. Balanço de radiação sobre um solo descoberto para quatro períodos do ano. **Revista de Ciência e Tecnologia da UNIMEP**. Santa Bárbara d'Oeste, v. 08, n. 15, p. 59-65, 2000.

LEITÃO, M. M. V. B. R.; OLIVEIRA, G. M.; MARTINS, R. W. A.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; SANTOS J. M. Balanço de radiação sobre dossel de algaroba em período seco e chuvoso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12, 2001, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p. 841-842, 2001.

LEITÃO, M. M. V. B. R.; SANTOS J. M.; OLIVEIRA, G. M. Estimativas do albedo em três ecossistemas da floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 256-261, 2002.

LEMEUR, R.; BLAD, B. L. A critical review of light models for estimating the shortwave radiation regime of plant canopies. **Agricultural and Forest Meteorology**, 14: 255-286, 1974.

LITZ, R. E. **The mango: botany, production, and uses.** Tropical Research and Education Center – Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, homestead, Florida, USA. 1997.

LOPES, P. M. O.; SILVA, B. B.; AZEVEDO, P. V.; SIVA, V. P. R.; TEIXEIRA, A. H. C.; SOARES, J. M.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Balanço de energia num pomar de mangueiras irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria-RS, v. 9, n. 1, 2001, p. 1-8.

MADEIRA, A. C.; GILLESPIE, T. J.; DKE, C. L. Effect of wetness on turfgrass canopy reflectance. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 107, n. 2, p. 117-130, 2001.

MAIA, G. A.; SILVA, M. de F. A.; HOLANDA L. F. F. de.; MONTEIRO, J. C. S.; ORIÁ, H. S.; FIGUEIREDO, R. W. de. Estudo da maturação de algumas variedades de manga (*Mangifera indica*, L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, BA, v.8, n. 2, p. 67-74, 1986.

MANZI, A. O. VISWANADHAM, Y.; SA, L. D. DE A. **Um estudo sobre o balanço de radiação da floresta Amazônica.** São José dos Campos, INPE, jul. 1986.(INPE-3956-PRE/974). Apresentado no Workshop on GTE/ABLE-2A, São José dos Campos, 3-7, fev. 1986.

MARTINEZ-LOZANO, J. A.; TENA, F.; ONRUBIA, J. E.; LA RUBIA, J. The historical evolution of the Angstrom formula and its modifications: review and bibliograph. **Agricultural and Forest Meteorology**, 33: 109-128, 1984.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/spc/comercialização.htm>>. Acesso em: 18 jul. 2002.

MATTOO, A. K.; MODI, V.; REDDY, V. V. R. Oxidation and carotenogenesis regulating factors in mangoes. **Indian Journal Biochemistry**, New Delhi, v.5, n.1, p.111-114, jan. 1968.

MCCAUGHEY, J. H. A radiation and energy balance study in mature forest and clear-cut sites. **Boundary-Layer Meteor.**, 31(1): 1-24, May 1985.

MCCAUGHEY, J. H. The albedo of a mature mixed forest and a clear-cut site at Petawana, Ontario. **Agricultural and Forest Meteorology**, 40(3): 251-263, Aug. 1987.

MCCREE, K. J. A solarimeter for measuring photosynthetically active radiation. **Agricultural and Forest Meteorology**, 3: 353-336, 1966.

MCCREE, K. J. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. **Agricultural and Forest Meteorology**, 10: 443-453, 1972.

MCNAUGHTON *et al.* Direct measurement of net radiation and photosynthetically active radiation absorbed by a single tree. **Agricultural and Forest Meteorology**, 62: 87-107, 1992.

MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIN, Z. J.; QUAST, D. G.; HASHIZUME, T.; FIGUEIREDO, N. M. S.; MORETTI, V. A.; CANTO, W. L.; BICUDO NETO, L. **Frutas tropicais 8: Manga**. São Paulo: ITAL, 1981. 399p.

MEDINA, V. D. Mercado de exportação de manga para Europa, América do Norte e países asiáticos. In: SÃO JOSÉ, AR.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB, 1996. p. 253-264.

MEEK, D.W., HATFIELD, J.L., HOWELL, T. A. A generalized relationship between photosynthetically active radiation and solar radiation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, p. 939-945, 1984.

MEDLICOTT, A. P.; REYNOLDS, S. B.; THOMPSON, A. K. Effects of temperature on the ripening of fruit (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.37, n5, p.469-474, may 1986.

MEDLICOTT, A. P.; REYNOLDS, S. B.; NEW, S. W.; THOMPSON, A. K. Harvest maturity effects on mango fruit ripening. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.65, p.153-157, 1988.

MILLER, E. E.; NORMAN, J. M. A sunfleck theory for plant canopies. I Lengths of sunlit segments along a transect. **Agronomy Journal**, 63: 735-738. 1971.

MODI, V. V.; REDDY, V. V. R.; SHAH, D. V.. Carotene precursors in mangoes. **Indian Journal of Experimental Biology**, Bourdon, v.3, n.1, p.145-146, feb. 1965.

MONTEITH, J. L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transactions Journal Royal Society**, London, 281 :277-294, 1977.

MONTEITH, J. L.; SZEICZ, G. The radiation balance of bare soil and vegetation. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, 87: 139-170, 1961.

MONTEITH, J. L. **Vegetation and the Atmosphere**. London: Academic, 1975.

MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of environmental physics**. London: Edward Arnold, 2 ed. 1990.

MORAES, D. M. de. **Desenvolvimento e maturação pós-colheita de frutos de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Ubá**. 1988, 36f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – UFV, 1988. Viçosa.

MORAIS, L. D. de; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N. de; ALVES, R. E. Ponto de colheita ideal de mangas *Tommy Atkins* destinadas ao mercado europeu. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP, v. 24, n. 3, p. 671-675. dez. 2002.

MORIARTY, W. W. Estimation of diffuse from measured global solar radiation. **Solar Energy**, 47(2): 75-82, 1991.

MORRIS, J. Modelling light distribution within the canopy of the marsh grass *Spartina alterniflora* as a function of canopy biomass and solar angle. **Agricultural and Forest Meteorology**, 46(4): 349-361, June 1989.

MOTA, F. S. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Nobel. 1977. 376 p.

MOURA, M. S. B. de. **Fenologia e consumo hídrico da goiabeira (*Psidium guajava*, L.) irrigada**. 2001, 124 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – UFPB, Campina Grande.

MULLINS, P. D. F. **Pruning mango trees**. Pretoria, South Africa: Departement of Agriculture and Water Supply, 1986.

MYNENI, R. B. Modeling radiative transfer and photosynthesis in three-dimensional vegetation canopies. **Agricultural and Forest Meteorology**, 55(3-4): 323-344, jun. 1991.

MYNENI, R. B.; ROSS, J.; ASRAR, G. A review on the theory of photon transport in leaf canopies. **Agricultural and Forest Meteorology**, 45:1-153, 1989.

NKEMDIRIM, L. C. A note on the albedos of surfaces. **Journal of Applied Meteorology**, 11: 867-874, 1972.

NUNES, M. Modelling daily global radiation at the forest floor. **Boundary-Layer Meteorology**, 33(4): 379-395, dec. 1985.

NUNEZ, M.; FORGAN, B.; ROY, C. Estimating ultraviolet radiation at the earth's surface. **Intitute Journal of Biometeorology**, New York: Springer-Verlag, 38: 5-17, 1994.

OLIVEIRA, G. M. **Advecção sobre um cultivo de amendoim irrigado**. 1998, 111 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – UFPB, Campina Grande.

OLIVEIRA, M. A. B. de; VIANNI, R. SOUZA, G. de; ARAÚJO, T. M. de R. Caracterização do estágio de maturação do papaia "Golden" em função da cor. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 24, n. 2, p. 559-561, agosto 2002.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981, p. 440.

PANDOLFO, C. **Parâmetros básicos para o uso na modelagem do rendimento de matéria seca em alfafa (*Medicago sativa* L.)**. 1995. 130f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia). UFRGS, Porto Alegre.

PANTASTICO, E. B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport, Connecticut: The AVI Publishing, 1975. 560 p.

PARIKH, J. R.; NAIR, G. M.; MODI, V. V. Some structural changes during ripening of mangoes (*Mangifera indica* var. Alphonso) by abscisic acid treatment. **Annals of Botany**, n.65, p.121-127, jan. 1990.

PEREIRA, A. R., MACHADO, E. C., CAMARGO, M. B. P. de. Solar radiation regime in there cassava (*Manihot esculenta* Crantz) canopies. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.26, p. 1-10, 1982.

PEREZ, R. Modelling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance. **Solar Energy**, 44 (5): 271-289, 1990.

PIMENTEL, C. R. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Mercado internacional de manga: situação atual e perspectivas. In: **Manga: Pós-colheita**, Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 40 p.; (Frutas do Brasil; 2).

PINTO, A. C. Q. Utilização do caráter nanismo na eficiência do melhoramento e da produção da manga. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, 1994, Salvador-BA. **Resumos...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura. v.2. p 567-570.

PINTO, A. C. de Q.; GENÚ, P. J. de C. Qualidade de frutos de seis variedades de mangas (*Mangifera indica*, L.) brasileiras cultivadas na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Recife, v. 3, n. único, p. 32-34, 1981.

PITMAN, J. I. Absortion photosynthetically active radiation, radiation use efficiency and spectral reflectance of bracken (*Pteridium aquilinum*, L. Kuhn) canopies. **Annals of Botany**, 85 (Suplement B): 101-111, 2000.

PRESCOTT, J. A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Transactions Royal Society South, Aust.** 64: p. 114-125, 1940.

PINKER, R. T. The diurnal assymetry in the albedo of tropical forest vegetation. **Forest Science**, 28: 297-234, 1982.

PINKER, R. T.; THOMPSON, O. E.; ECK, T. F. The albedo of a tropical evergreen forest. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, 106(449):551-558, July 1980.

PUKACKI, P. M.; GIERTYCH, M. Seazonal chan ges in light transmission by bud scales of spruce and pine. **Planta**, 154: 381-383. 1982.

RAJAN, S.; LAL, B. Colour development and total soluble solids in dashehari mango fruits developing under different solar radiation regimes. In: INTERNATIONAL MANGO SYMPOSIUM, 7, 2002, Recife-PE, Brasil. **Programs and abstracts...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Planaltina: Embrapa Cerrados; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Teresina: Embrapa Meio-Norte; Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Recife: IPA, 2002. 360 p. (Embrapa Agroindústria tropical. Documentos, 46).

REED, R. K.; HALPERN, D. Insolation and net long-wave radiation of f the Oregon coast. **Geophysical Research**, 80(6): 839-844, Feb. 1985.

RIBEIRO FILHO, N. V. **Caracterização físico-química de frutos de dezoito cultivares de mangueira, produzidas no vale do Açu-RN, visando a diversificação da exploração.** 1997, 60f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró - ESAM, Mossoró, RN.

RICHARDS, D. The grape root system. **Horticultural Reviews**, v. 5. 1983. p 127-168.

RIJKS, D. A. Water use by irrigated cotton in Sudan I: reflection of short-wave radiation. **Journal of Ecology**, 4: 561-568, 1967.

RODRIGUES, S. J. F.; PINHEIRO, A. J. R.; PINHEIRO, R. V. R.; GOMES, J. C.; SOUZA, A. C. G. de.; CHAVES, J. B. P. **Comparação de onze variedades de manga produzidas em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo natural e a elaboração de geléias.** Viçosa: Ceres, v. 24, n. 136, p. 580-595, 1977.

RODRIGUES, L. N.; SEDIYAMA, G. C.; MARTINEZ, M. A. Estimativa do albedo com base em dados discretos. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n. 2, p. 223-225, 1997.

RUIZ, M.; GUADARRAMA, A. Comportamiento postcosecha Del mango (*Mangifera indica*) tipo bocado durante maduración controlada. **Revista de la Facultad de Agronomía de la UCV**, (Maracay) n.18, 1992. p. 79-93.

SALUNKHE, D. K.; BOLIN, H. R.; REDDY, N. R. **Storage, processing, and nutritional quality of fruits and vegetables; fresh fruits and vegetables.** 2. Ed. Boston: CRC Press, 1991. V.1, 323p.

SAMPAIO, J. M. M.; RODRIGUES, J. A. S. **A cultura da mangueira.** Cruz das Almas: EMBRAPA. CNPMF, 1982. 22p. (Circular Técnica, 3).

SANTOS, R.; ANDRE, R. G. B.; VOLPE, C. A. Estimativa da radiação solar global em Jaboticabal-SP. **Científica**, 11(1): 31-39, 1983.

SANTOS, M. G. F. M.; ALVES, M. C. S.; TAVARES, J. C. Perfil da exploração da mangueira no Estado do Rio Grande do Norte. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. **Manga: tecnologia de produção e mercado.** Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB, 1996. p. 338-346.

SANTOS, S. N. M.; SACRAMENTO NETO, B.; LEAL, L. S. M.; SILVA, M. M. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em área de floresta, em Caxiuanã-Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. p. 297-298.

SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista-BA: DFZ/UESB, 1996. 361 p.

SATYAMURTY, V. V.; LAHIRI, P. K. Estimation of symmetric and asymmetric hourly global and diffuse radiation from daily values. **Solar Energy**, (1): 7-14, 1992.

SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. **Handbook of environmental physiology of fruit crops: sub-tropical and tropical crops**. vol. II. CRC Press. Inc, University of Florida, 1994.

SCHAFFER, B.; WHILEY, A. W. and Crane, J. H. Mango. In: Schaffer, B. and Andersen, P. C. (eds) **Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops Vol. II: Subtropical and Tropical Crops**. CRC Press, Boca Raton, 1994. p. 165-197.

SCHMIDT, W.; NEUBAUER, C.; KOLBOWSKI, J.; SCHEREIBER, U.; URBACH, W. Comparison of effects of air pollutants ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ) on intact leaves by measurements of chlorophyll fluorescence and  $P_{700}$  absorbance changes. **Geophysical Research**. 25: 241-248, 1990.

SCHMUTZ, U.; LUDDERS, P. Physiology of saline stress in one mango (*Mangifera indica*, L.) rootstock, **Acta Horticulturae**, 1993. p 341, 160.

SECEX/MDIC. Secretaria de Comércio Exterior/Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. **Exportações Brasileiras de Frutas**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2001.

SECRETARIA DA AGRICULTURA IRRIGADA - SEAGRI. **Irrigando para a competitividade: PROCEAGRI - Programa Cearense da Agricultura Irrigada**. Fortaleza: SEAGRI, 2000. p. 79.

SELVARAJ, J. Y.; KUMAR, R. Studies on fruit. **Journal of Food Science and Technology**. Mysore, v.26, n.4, p.218-222, oct. 1989.

SHUTTLEWORTH, W. J. Micrometeorology of temperature and tropical forest. **Philosophical Transactions Journal Royal Society**. London, p. 299-334, 1989.

SILVA, M. de F. A. **Estudo da maturação de algumas variedades de mangas (*Mangifera indica, L.*), caracterizações físico-químicas do fruto e processamento da polpa**. 1985. 115 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). UFC, Fortaleza.

SILVA, A. C. da. Botânica da mangueira. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB, 1996. p. 7-15.

SILVA, D. J.; MEDEIROS, A. A.; AMORIM, J. R. de A. A cultura da manga no NE. **Jornal Tribuna do Norte**, Natal-RN, 17 mai. 1998.

SILVA, V. P. R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. 2000. 129p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SIVAKUMAR, M. V. K.; VERMANI, S. M. Crop production in relation to interception of photosynthetically active radiation. **Agricultural and Forest Meteorology**, 31: 131-141, 1984.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1998. 760 p.

SINCLAIR, T. R.; LEMON, E. R. Penetration of photosynthetically active radiation in crop canopies. **Agronomy Journal**, 66: 201-205, March-April 1974.

SIQUEIRA, D. L. de.; BOTREL, N.; CARVALHO, V. D. de.; VARGAS RAMOS, V. H.; COUTO, F. A. D. Características físicas e químicas de frutos de vinte cultivares de mangueira (*Mangifera indica*, L.) em Uberaba-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 10, n. 20, p. 49-54, 1988.

SIQUEIRA, D. L. de.; VARGAS RAMOS, V. H. Avaliação de dezessete variedades de mangueiras (*Mangifera indica*, L.) em Uberaba-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 10., 1989, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: SBF, 1989. p. 312-318.

SOARES, J. M.; COSTA, F. F. Irrigação. In: **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**. Brasília: EMBRAPA, 1995, cap 2, p. 43-80.

SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T.; FARIA, P. C. Avaliação do bulbo molhado e do sistema radicular de fruteiras nas áreas irrigadas do Submédio São Francisco sob irrigação por gotejamento. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA. No prelo.

SOUTHGATE, D. A. T. Determination of foods carbohydrates. **Elsevier Applied Science**, London, 1991. 232 p.

SOUZA, J. S.; CARDOSO, C. E. L.; FONSECA, N.; TORRES FILHO, P. Situação da mangicultura no Brasil e no mundo. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB, 1996, p. 274-284.

SOUZA, S. J. F. de.; PINHEIRO, A. J. R.; PINHEIRO, R. V. R.; GOMES, J. C.; SOUZA, A. C. G. de.; CHAVES, J. B. P. **Comparação de onze variedades de manga produzidas em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo natural e a elaboração de geléias**. Viçosa: Ceres, 31 (178), p. 465-478, nov./dez. 1984.

SOUZA, T. H.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; MEDEIROS, J. F.; FERREIRA, R. L. F.; CARMO FILHO, F. Balanço de radiação na cultura do melão em Carnaubais-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA 12., 2001, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, v. 2, p. 883-884.

SOUZA, J. S. da; ALMEIDA, C. O. de; ARAÚJO, J. L. P.; CARDOSO, C. E. L. Aspectos socioeconômicos. In: **A cultura da mangueira**, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, cap. 2. 454 p. ISBN 85-7383-160-X.

STEEGE, H. Tex. HEMIPHOT a programme to analyze vegetation indices, light and quality from hemispherical photographs. **Tropembos Documents 3**. Universiteit Utrecht, The Netherlands, 1994.

STEWART, J. B. The albedo of a pine forest. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, 97(414): 561-564, Oct. 1971.

SWINBANK, W. C. Longwave radiation from clear skies. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, 9: 339-348, 1963.

SZEICZ, G. Solar radiation for plant growth. **Journal Applied Ecology**, 11 (2): 617-636, Aug. 1974.

SYVERTSEN, J. P.; LLOYD, J. J. Citrus. In: Schaffer, B. and Andersen, P. C. (eds) **Handbook of environmental physiology of fruits crops: Sub-tropical and Tropical Crops**. V. 2. CRC Press, Boca Raton, 1994. p 65-99.

SZEICZ, G. Solar radiation for plant growth. **Journal of Ecology**, 11(2): 617-636, Aug. 1974.

TEIXEIRA, A. H. C.; LIMA FILHO, J. M. P.; SOARES, J. M. Saldo de radiação e índice de área foliar na cultura da videira, conduzida em um sistema de latada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997, p. 523.

TUCKER, G. A.; Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, S. E.; TUCKER, G. A. (ed), **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993, cap. 1, p. 255 – 266.

UNGS, M. J. **Distribution of light within the crown of an open ground Douglas-fir**. Doctor Thesis Oregon State University, Oregon 1991.

VAN HEEMEST, H.D.J. Physiological principles. In: VAN KEULEN, H. WOLF, J. (Eds.) **Modeling of agricultural production: weather, soils and crop**. Amsterdam: The Hague, 1986. p. 13-23.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2000. 532p.

VARELA, V. P.; SANTOS J. dos. Influencia do sombreamento na produção de mudas de Angelin pedra (*Dinizia excelsa* Ducke). **Acta Amazonica**, 22(3): 407-411, jul/set. 1992.

VISWANADHAM, Y. Studies on radiation balance at a tropical station. **Pure applied Geophysical**, 97: 183-213, 1972.

VISWANADHAM, Y.; MOLION, L. C. B.; MANZI, A. O.; Sa, L. D. A.; SILVA FILHO, V. P.; ANDRE, R. G. B.; NOGUEIRA, J. L. M.; SANTOS, R. C.; Micrometeorological measurements in Amazonian forest during GTE/ABLE 21 mission. **Geophysical Research**, 95(D9): 13.669-13.682, Aug. 1990.

VOGELMANN, T. C.; BJORN, L. O. Plants as light traps. **Physiology Plant**, 68: 704-708, 1986.

WAINWRIGHT, H.; BURBAGE, M. B. Physiological disorders in mango (*Mangifera indica* L.) fruit. **Journal of Horticultural Science**. Almsford. v. 64, n.2, p. 125-135, Mar. 1989.

WARREN-WILSON, J. Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. **Annals of Botany**, 8: 507-512, 1981.

WHILEY, A. W. and SCHAFFER, B. (1994). Avocado. In: Schaffer, B. and Andersen, P. C. (eds) **Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops: Subtropical and Tropical Crops**. v. 2. CRC Press, Boca Raton, p. 3-35.

WHILEY, A. W.; SCHAFFER, B. Stress physiology. In: Litz R. E. (ed) **The Mango: botany, production and uses**. Florida, USA: CAB International Homestead, 1997. p. 147-173.

YAHIA, E. M. **Manejo postcosecha del mango**. México: Universidad de Colima, 1997. 117 p.

YOCUM, C. S., ALLEN, L. H.; LEMON, E. R. Photosynthesis under fields conditions, VI. Solar radiation balance and photosynthesis efficiency. **Agronomy Journal**, 56: 249-253, 1964.

ZANINI JUNIOR, A.; OGATA, T.; LINS, W. B. A. Competição de cultivares de mangueiras em Anápolis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas. **Anais...**, Campinas: SBF, 1987, v. 2. p. 571-573.

ZAVODSKA, E. **The effects of cloudiness, sunshine and snow cover on ultraviolet radiation at Skalnaté Pleso**. Contribution Geophysical Institute Slovak Academy Science Service Meteorology, 5: 21, 1984.

ZIGMA, S. Near UV light and caracts. **Photochemical Photobiology**, 26: 437: 1977.

## APÊNDICE

Tabela 1. Análise de variância dos dados coletados de temperatura média do ar em torno dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Temperatura Média

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	2	6,135000	3,067500	164,821	0,0000
Erro	9	0,167500	0,018611		
Total corrigido	11	6,302500			
CV (%) = 0,48					
Média geral:	28,6250000	Número de observações:		12	

Tabela 2. Análise de variância dos dados coletados de temperatura máxima do ar em torno dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Temperatura Máxima

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	2	15,001667	7,500833	4,745	0,0392
Erro	9	14,227500	1,580833		
Total corrigido	11	29,229167			
CV (%) = 3,15					
Média geral:	39,9416667	Número de observações:		12	

Tabela 3. Análise de variância dos dados coletados de temperatura mínima do ar em torno dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Temperatura Mínima

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	2	5,705000	2,852500	23,661	0,0003
Erro	9	1,085000	0,120556		
Total corrigido	11	6,790000			
CV (%) = 1,79					
Média geral:	19,4500000	Número de observações:		12	

Tabela 4. Análise de variância dos dados de produção da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Produção

TABELA DE ANALISE DE VARIANCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Colheita	5	9497,355056	1899,471011	9,377	0,0000
Arquitetura	5	2693,696289	538,739258	2,660	0,0464
Erro 1	25	5064,221428	202,568857		
Quadrante	3	300,367739	100,122580	1,319	0,2731
Arquit,*Quad,	15	527,268128	35,151209	0,463	0,9529
Erro 2	90	6831,323783	75,903598		
Total corrigido	143	24914,232422			
CV 1 (%) =	74,36				
CV 2 (%) =	45,52				
Média geral:	19,1411111	Número de observações:	144		

Tabela 5. Teste Tukey para a FV colheita dos dados de produção da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

DMS: 12,6652675321131 NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 24

Erro padrão: 2,90523132405946

Colheitas	Médias	Resultados do teste
1	10,020000 a1	
6	11,654167 a1	
4	16,489167 a1	
2	20,911667 a1	
3	21,053333 a1	
5	34,718333 a2	

Tabela 6. Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de produção da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

DMS: 12,6652675321131 NMS: 0,05		
Média harmônica do número de repetições (r): 24		
Erro padrão: 2,90523132405946		
Arquiteturas	Médias	Resultados do teste
Poda 2V	13,547500 a1	
Testemunha	14,317083 a1	
Pirâmide	18,084583 a1	
Cálice	20,094583 a1	
Poda V	24,007917 a1	
Poda 4V	24,795000 a1	

Tabela 7. Teste Tukey para a FV quadrante dos dados de produção da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

DMS: 5,37685381965992 NMS: 0,05		
Média harmônica do número de repetições (r): 36		
Erro padrão: 1,45204451256182		
Quadrantes	Médias	Resultados do teste
SE	17,186944 a1	
NW	18,434444 a1	
NE	19,978889 a1	
SW	20,964167 a1	

Tabela 8. Análise de variância dos dados de queda natural de frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Queda de frutos

TABELA DE ANALISE DE VARIANCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	895,250000	179,050000	4,459	0,0048
Colheita	5	1485,583333	297,116667	7,399	0,0002
Erro	25	1003,916667	40,156667		
Total corrigido	35	3384,750000			
CV (%) = 45,53					
Média geral:	13,9166667	Número de observações:		36	

Tabela 9. Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de queda natural de frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Teste Tukey para a FV arquitetura

DMS: 11,2781236697491 NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 2,58704035101461

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Cálice	7,000000	a1
Poda 2V	8,500000	a1 a2
Pirâmide	12,000000	a1 a2
Testemunha	18,333333	a2
Poda 4V	18,333333	a2
Poda V	19,333333	a2

Tabela 10. Teste Tukey para a FV colheita dos dados de queda natural de frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Teste Tukey para a FV Colheita		
DMS: 11,2781236697491 NMS: 0,05		
Média harmônica do número de repetições (r): 6		
Erro padrão: 2,58704035101461		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
6	4,000000 a1	
5	10,166667 a1 a2	
4	12,500000 a1 a2	
1	14,833333 a1 a2 a3	
2	17,000000 a2 a3	
3	25,000000 a3	

Tabela 11. Análise de variância dos dados de queda de frutos por colapso interno da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Queda de frutos por colapso interno

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	5048,916667	1009,783333	5,247	0,0020
Colheita	5	21078,916667	4215,783333	21,907	0,0000
Erro	25	4810,916667	192,436667		
Total corrigido	35	30938,750000			
CV (%) = 34,32					
Média geral:	40,416667	Número de observações:		36	

Tabela 12. Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de queda de frutos por colapso interno da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Teste Tukey para a FV arquitetura		
DMS: 24,6889111917856 NMS: 0,05		
Média harmônica do número de repetições (r): 6		
Erro padrão: 5,66328330368328		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Pirâmide	25,666667	a1
Poda 2V	34,666667	a1
Testemunha	34,833333	a1
Poda V	37,500000	a1
Cálice	46,833333	a1 a2
Poda 4V	63,000000	a2

Tabela 13. Teste Tukey para a FV colheita dos dados de queda de frutos por colapso interno da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Teste Tukey para a FV Colheita		
DMS: 24,6889111917856 NMS: 0,05		
Média harmônica do número de repetições (r): 6		
Erro padrão: 5,66328330368328		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	12,166667	a1
6	22,333333	a1 a2
2	23,500000	a1 a2
4	45,000000	a2 a3
3	56,333333	a3
5	83,166667	a4

Tabela 14. Análise de variância dos dados de número total de queda de frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Número total de frutos (NTF)

TABELA DE ANALISE DE VARIANCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	6836,000000	1367,200000	6,177	0,0007
Colheita	5	23895,000000	4779,000000	21,593	0,0000
Erro	25	5533,000000	221,320000		
Total corrigido	35	36264,000000			
CV (%) = 27,38					
Média geral:	54,3333333	Número de observações:		36	

Tabela 15. Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de número total de queda de frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Teste Tukey para a FV arquitetura

DMS: 26,4769743970098 NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 6

Erro padrão: 6,07343944290767

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Pirâmide	37,666667	a1
Poda 2V	43,166667	a1
Testemunha	53,166667	a1
Cálice	53,833333	a1
Poda V	56,833333	a1 a2
Poda 4V	81,333333	a2

Tabela 16. Teste Tukey para a FV colheita dos dados de número total de queda de frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Teste Tukey para a FV Colheita		
DMS: 26,4769743970098 NMS: 0,05		
Média harmônica do número de repetições (r): 6		
Erro padrão: 6,07343944290767		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
6	26,333333	a1
1	27,000000	a1
2	40,500000	a1 a2
4	57,500000	a2 a3
3	81,333333	a3 a4
5	93,333333	a4

Tabela 17. Análise de variância dos dados de número de frutos exportáveis da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Número de frutos exportáveis (NFE)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	16226,000000	3245,200000	8,513	0,0005
Quadrante	3	3575,666667	1191,888889	3,126	0,0572
Erro	15	5718,333333	381,222222		
Total corrigido	23	25520,000000			
CV (%) = 17,59					
Média geral:	111,0000000	Número de observações:		24	

Tabela 18. Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de número de frutos exportáveis da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Teste Tukey para a FV arquitetura		
DMS: 44,8699377779907 NMS: 0.05		
Média harmônica do número de repetições (r): 4		
Erro padrão: 9,76245643040498		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Testemunha	74,250000 a1	
Poda 2V	85,250000 a1 a2	
Pirâmide	112,000000 a1 a2 a3	
Cálice	115,250000 a1 a2 a3	
Poda V	125,750000 a2 a3	
Poda 4V	153,500000 a3	

Tabela 19. Análise de variância dos dados de número de frutos não exportáveis da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Número de frutos não exportáveis (NFNE)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	20036,833333	4007,366667	9,457	0,0003
Quadrante	3	1878,833333	626,277778	1,478	0,2606
Erro	15	6356,166667	423,744444		
Total corrigido	23	28271,833333			
CV (%) = 14,20					
Média geral:	144,9166667	Número de observações:		24	

Tabela 20. Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de número de frutos não exportáveis da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Teste Tukey para a FV arquitetura		
DMS: 47,3062335615374 NMS: 0,05		
Média harmônica do número de repetições (r): 4		
Erro padrão: 10,2925269545973		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Poda 2V	111,750000	a1
Testemunha	119,250000	a1 a2
Pirâmide	122,250000	a1 a2
Cálice	160,250000	a2 a3
Poda 4V	165,500000	a2 a3
Poda V	190,500000	a3

Tabela 21. Análise de variância dos dados de número total de frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Número total de frutos (NTF)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIANÇIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	63358,333333	12671,666667	14,169	0,0000
Quadrante	3	7620,500000	2540,166667	2,840	0,0732
Erro	15	13415,000000	894,333333		
Total corrigido	23	84393,833333			
CV (%) = 11,69					
Média geral:	255,9166667	Número de observações:		24	

Tabela 22. Teste Tukey para a FV arquitetura dos dados de número total de frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Teste Tukey para a FV Poda		
DMS: 68,7252094284769 NMS: 0.05		
Média harmônica do número de repetições (r): 4		
Erro padrão: 14,9527032115713		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Testemunha	193,500000 a1	
Poda 2V	197,000000 a1	
Pirâmide	234,250000 a1 a2	
Cálice	275,500000 a2 a3	
Poda V	316,250000 a3	
Poda 4V	319,000000 a3	

Tabela 23. Análise de variância dos valores medios de SST dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Sólidos Solúveis Totais (SST)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	3,726667	0,745333	0,014	0,9999
Erro 1	12	618,223333	51,518611		
Quadrante	3	1,289444	0,429815	1,779	0,1685
Arq*Quadrante	15	5,078889	0,338593	1,402	0,1990
Erro 2	36	8,696667	0,241574		
Total corrigido	71	637,015000			
CV 1 (%) = 62,46					
CV 2 (%) = 4,28					
Média geral:	11,4916667	Número de observações:	72		

Tabela 24. Análise de variância dos valores médios de ATT dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Acidez Total Titulável (ATT)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIANCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	26,570694	5,314139	0,032	0,9994
Erro 1	12	2012,918333	167,743194		
Quadrante	3	1,569306	0,523102	0,545	0,6547
Arq*Quadrante	15	14,896528	0,993102	1,034	0,4454
Erro 2	36	34,561667	0,960046		
Total corrigido	71	2090,516528			
CV 1 (%) = 105,57					
CV 2 (%) = 7,99					
Média geral:	12,2680556	Número de observações:		72	

Tabela 25. Análise de variância dos valores médios do pH dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Potencial Hidrogeniônico (pH)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIANCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	0,025694	0,005139	0,005	1,0000
Erro 1	12	11,440000	0,953333		
Quadrante	3	0,051528	0,017176	0,918	0,4418
Arq*Quadrante	15	0,302639	0,020176	1,079	0,4077
Erro 2	36	0,673333	0,018704		
Total corrigido	71	12,493194			
CV 1 (%) = 28,85					
CV 2 (%) = 4,04					
Média geral:	3,3847222	Número de observações:		72	

Tabela 26. Análise de variância dos valores médios da intensidade da cor C (Chroma) verde externo dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Verde externo

TABELA DE ANALISE DE VARIANCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	359,923274	71,984655	5,543	0,0071
Erro 1	12	155,838250	12,986521		
Quadrante	3	163,918237	54,639412	7,645	0,0004
Arq*Quadrante	15	834,127621	55,608508	7,781	0,0000
Erro 2	36	257,285817	7,146828		
Total corrigido	71	1771,093199			
CV 1 (%) = 11,65					
CV 2 (%) = 8,64					
Média geral:	30,9348611	Número de observações:	72		

Tabela 27. Interação entre arquitetura \* quadrante para a cor verde externo.

Arquitetura	Quadrantes				MÉDIA
	NW (1)	SW (2)	NE (3)	SE (4)	
Testemunha (1)	29,64 a	33,17 a	27,65 a	31,83 a	30,57
Pirâmide (3)	28,40 a	29,61 a	29,54 a	30,10 a	29,41
Poda V (4)	30,69 a	31,70 b	30,07 b	30,21 b	30,67
Cálice (2)	28,53 a	30,00 a	28,23 a	28,29 a	28,76
Poda 2V (5)	31,22 a	28,52 a	31,45 a	29,96 a	30,29
Poda 4V (6)	32,07 a	31,13 a	29,53 a	30,90 a	30,91
Média	33,43	30,69	29,41	30,21	

Tabela 28. Análise de variância dos valores médios da intensidade da cor C (Chroma) vermelho externo dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN. 2001/2002.

Variável analisada: Vermelho externo

TABELA DE ANALISE DE VARIANCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	347,009924	69,401985	5,044	0,0101
Erro 1	12	165,098350	13,758196		
Quadrante	3	51,306437	17,102146	1,037	0,3881
Arq*Quadrante	15	1273,433404	84,895560	5,145	0,0000
Erro 2	36	593,989183	16,499700		
Total corrigido	71	2430,837299			
CV 1 (%) = 15,64					
CV 2 (%) = 17,13					
Média geral:	23,7123611	Número de observações:		72	

Tabela 29. Interação entre arquitetura \* quadrante para a cor vermelho externo.

Arquitetura	Quadrantes				MÉDIA
	NW (1)	SW (2)	NE (3)	SE (4)	
Testemunha (1)	15,09 b	28,20 a	22,81 ab	27,72 a	23,46
Pirâmide (3)	22,54 a	23,82 a	21,77 a	22,34 a	22,62
Poda V (4)	42,26 a	24,98 b	24,87 b	20,60 b	28,18
Cálice (2)	17,70 a	22,70 a	24,12 a	20,39 a	21,23
Poda 2V (5)	21,79 a	21,67 a	24,63 a	22,22 a	22,58
Poda 4V (6)	24,55 a	27,89 a	22,32 a	22,09 a	24,21
Média	23,99	24,88	23,42	22,56	

Tabela 30. Análise de variância dos valores médios da intensidade da cor C (Chroma) interna dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Cor interna

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	565,444911	113,088982	1,662	0,2181
Erro 1	12	816,710300	68,059192		
Quadrante	3	122,531828	40,843943	3,747	0,0193
Arq*Quadrante	15	951,884989	63,458999	5,822	0,0000
Erro 2	36	392,395633	10,899879		
Total corrigido	71	2848,967661			
CV 1 (%) = 15,30					
CV 2 (%) = 6,12					
Média geral:	53.9113889	Número de observações:	72		

Tabela 31. Interação entre arquitetura \* quadrante para a cor interna.

Arquitetura	Quadrantes				MÉDIA
	NW (1)	SW (2)	NE (3)	SE (4)	
Testemunha (1)	54,07 a	59,81 a	57,61 a	56,55 a	57,01
Pirâmide (3)	54,40 a	53,76 a	54,85 a	53,69 a	54,17
Poda V (4)	73,05 a	52,58 b	52,44 b	52,43 b	57,62
Cálice (2)	48,32 a	52,02 a	51,34 a	51,58 a	50,81
Poda 2V (5)	54,69 a	55,19 a	54,03 a	50,80 a	53,68
Poda 4V (6)	51,32 a	50,43 a	49,19 a	49,75 a	50,17
Média	55,98	53,97	53,24	52,46	

Tabela 32. Análise de variância dos valores médios da luminosidade da cor (L\*) verde externo dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Verde externo

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	61,377129	12,275426	0,919	0,4953
Erro 1	15	200,364413	13,357628		
Quadrante	3	28,180282	9,393427	1,111	0,3586
Arq*Quadrante	15	100,279376	6,685292	0,791	0,6787
Erro 2	33	279,041388	8,455800		
Total corrigido	71	669,242588			
CV 1 (%) = 6,85					
CV 2 (%) = 5,45					
Média geral:	53,3720833	Número de observações:	72		

Tabela 33. Análise de variância dos valores médios da luminosidade da cor (L\*) vermelho externo dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Vermelho externo

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	56,032933	11,206587	1,265	0,3291
Erro 1	15	132,887392	8,859159		
Quadrante	3	55,345650	18,448550	1,570	0,2152
Arq*Quadrante	15	182,876900	12,191793	1,038	0,4450
Erro 2	33	387,776675	11,750808		
Total corrigido	71	814,919550			
CV 1 (%) = 7,11					
CV 2 (%) = 8,19					
Média geral:	41,8608333	Número de observações:	72		

Tabela 34. Análise de variância dos valores médios da luminosidade da cor ( $L^*$ ) interna dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Cor interna

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	93,436844	18,687369	1,547	0,2346
Erro 1	15	181,218775	12,081252		
Quadrante	3	4,069561	1,356520	0,399	0,7548
Arq*Quadrante	15	44,675522	2,978368	0,875	0,5954
Erro 2	33	112,303625	3,403140		
Total corrigido	71	435,704328			
CV 1 (%) = 4,55					
CV 2 (%) = 2,41					
Média geral:	76,4119444	Número de observações:		72	

Tabela 35. Análise de variância dos valores médios da cor em si (ângulo Hue), verde externo, dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Verde externo

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	141,441411	28,288282	0,323	0,8899
Erro 1	12	1052,500883	87,708407		
Quadrante	3	120,557922	40,185974	1,276	0,2972
Arq*Quadrante	15	1021,864244	68,124283	2,163	0,0292
Erro 2	36	1133,626583	31,489627		
Total corrigido	71	3469,991044			
CV 1 (%) = 9,15					
CV 2 (%) = 5,48					
Média geral:	102,3372222	Número de observações:		72	

Tabela 36. Interação entre arquitetura \* quadrante para a cor verde externo.

Arquitetura	Quadrantes				MÉDIA
	NW (1)	SW (2)	NE (3)	SE (4)	
Testemunha (1)	106,70 a	90,48 b	106,09 a	96,13 ab	99,85
Pirâmide (3)	102,86 a	105,49 a	104,52 a	103,47 a	104,06
Poda V (4)	99,91 a	100,98 a	98,71 a	105,46 a	101,26
Cálice (2)	109,75 a	105,44 ab	100,89 ab	95,56 b	102,91
Poda 2V (5)	102,76 a	102,01 a	103,25 a	105,32 a	103,34
Poda 4V (6)	103,40 a	99,03 a	100,14 a	107,74 a	102,58
Média	104,23	100,58	102,27	102,28	

Tabela 37. Análise de variância dos valores médios da cor em si (ângulo Hue), vermelho externo, dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Vermelho externo

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	1880,964224	376,192845	1,146	0,3891
Erro 1	12	3939,647283	328,303940		
Quadrante	3	1613,533115	537,844372	1,519	0,2262
Arq*Quadrante	15	4164,691060	277,646071	0,784	0,6858
Erro 2	36	12747,616450	354,100457		
Total corrigido	71	24346,452132			
CV 1 (%) = 44,22					
CV 2 (%) = 45,93					
Média geral:	40,9740278	Número de observações:		72	

Tabela 38. Análise de variância dos valores médios da cor em si (ângulo Hue), interna, dos frutos da mangueira *Tommy Atkins* em Mossoró-RN, 2001/2002.

Variável analisada: Cor interna

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Arquitetura	5	48,346761	9,669352	1,283	0,3333
Erro 1	12	90,432817	7,536068		
Quadrante	3	4,866117	1,622039	0,609	0,6133
Arq*Quadrante	15	36,742050	2,449470	0,920	0,5511
Erro 2	36	95,834983	2,662083		
Total corrigido	71	276,222728			
CV 1 (%) = 3,04					
CV 2 (%) = 1,81					
Média geral:	90,3880556	Número de observações:	72		

Tabela 39. Precipitações pluviométricas registradas na Fazenda MAISA em Mossoró-RN, de Dezembro de 2001 a Fevereiro de 2002 (mm).

Precipitação Pluviométrica (mm)			
Dia	Meses		
	Dezembro/2001	Janeiro/2002	Fevereiro/2002
01	-	-	2,0
02	-	-	2,5
03	-	-	15,0
04	-	-	17,0
05	0,4	-	6,0
06	-	5,0	-
07	-	7,0	-
08	-	20,0	-
11	0,4	-	-
12	5,4	42,0	-
15	1,6	-	5,0
16	-	11,0	-
17	-	33,0	-
18	-	1,0	-
24	-	37,0	-
25	-	18,0	-
26	-	10,0	-
27	-	12,0	-
Total	7,8	196,0	47,5