ELISEU MARLÔNIO PEREIRA DE LUCENA

DESENVOLVIMENTO E MATURIDADE FISIOLÓGICA DE MANGA 'TOMMY ATKINS' NO VALE DO SÃO FRANCISCO

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Enéas Filho

FORTALEZA

2006

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Cristina A. Ursulino Melo CRB-3/572

L968d Lucena, Eliseu Marlônio Pereira de

Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga 'Tommy Atkins' no vale do São Francisco / Eliseu Marlônio Pereira de Lucena. - Fortaleza, 2006.
152 f. il., color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Enéas Filho
Co-Orientador: Dr. Ricardo Elesbão Alves
Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

1. *Mangifera indica* 2. Fisiologia pós-colheita 3. Índice de maturidade 4. Graus-dia I. Enéas Filho, Joaquim (orient.) II. Alves, Ricardo Elesbão (co-orient.) III. Título

ELISEU MARLÔNIO PEREIRA DE LUCENA

DESENVOLVIMENTO E MATURIDADE FISIOLÓGICA DE MANGA 'TOMMY ATKINS' NO VALE DO SÃO FRANCISCO

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Agronomia.

Aprovada em 16 de Novembro de 2006.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Joaquim Enéas Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Pesq. Dr. Ricardo Elesbão Alves (Co-Orientador)
Embrapa Agroindústria Tropical

Pesq. Dr. Joston Simão de Assis
Embrapa Semi-Árido

Profª. Dra. Maria Raquel Alcântara de Miranda
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo
Universidade Federal do Ceará – UFC

A minha mãe,
Antônia (*in memoriam*),
pelo carinho, compreensão e paciência
nos meus primeiros ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará – UFC, em particular, ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade concedida para a realização do curso.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pela concessão da bolsa de estudos durante a realização do curso.

Ao Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC, pela liberação para a realização do curso.

À Empresa Fruit Fort Agrícola Exportação, por nos ter disponibilizado o seu plantio de manga para a realização desta pesquisa.

À Embrapa – Semi-Árido, pelo acesso ao laboratório de Fisiologia Pós-Colheita para a realização das análises preliminares durante a fase de campo e à Embrapa – Agroindústria Tropical, pela concessão do seu laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita para as análises após a fase de campo.

Ao Professor Joaquim Enéas Filho, pelo apoio, amizade, orientação e confiança demonstrados.

Ao Pesquisador Joston Simão de Assis, pela eficaz colaboração na condução do experimento de campo.

Ao Pesquisador Ricardo Elesbão Alves, pela presteza, disponibilidade e apoio durante as análises laboratoriais deste trabalho.

Ao Pesquisador Lindbergue Araújo Crisóstomo, pela ajuda técnica e gentileza em ceder o laboratório de Análises de Solos, Água e Plantas, para execução das análises de nitrogênio.

Ao Professor Raimundo Wilane de Figueiredo pelo apoio e incentivos sempre presentes durante o curso.

À Professora Maria Raquel Alcântara de Miranda, pela amizade e solidariedade.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação, pela amizade e pelos ensinamentos.

Aos Coordenadores do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Ceará – UECE, Professores Germana Costa Paixão e Valberto Barbosa Porto, pela compreensão e otimização de períodos na distribuição de carga horária.

Ao Diretor Presidente do Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC, Professor Antônio Amaury Oriá Fernandes, pela atenção, amizade, incentivo e convívio durante minha permanência no CENTEC Cariri.

Ao amigo Diretor Regional do CENTEC Cariri, Cícero de Alencar Leite, pela colaboração, amizade e excelente convívio durante minha permanência no CENTEC.

Ao Coordenador de Tecnologia de Alimentos do CENTEC Cariri, Antenor Silva Júnior, pela amizade e apoio incontestável durante a fase inicial desta pesquisa.

Ao Professor do CEFET Petrolina, João Tercio, pela amizade e acolhida no decorrer do trabalho em campo.

Ao meu ex-aluno e hoje Professor do CENTEC Cariri, Jonas dos Santos Sousa, pela ajuda na fase preliminar deste experimento.

Ao Gerente de Produção da Fruit Fort e amigo Voltaire Diaz Medina, pela presteza durante a execução do ensaio em campo.

Ao Sócio Gerente da Projetar Irrigação e companheiro Francisco Fernandes da Costa, pelo apoio durante a fase preliminar do experimento em campo.

Ao meu colega e hoje pesquisador da Embrapa Agroindústria-Tropical, Carlos Farley Herbster Moura, pela seriedade e ajuda na realização deste ensaio.

Ao Assistente de Pesquisa do Laboratório de Fisiologia e Pós-Colheita da Embrapa – Semi-Árido, Joveniano, pela participação nas análises preliminares.

Ao Estagiário da Embrapa – Semi-Árido, Víctor César Macedo da Silva, pela ajuda, amizade e responsabilidade na condução da pesquisa de campo e análises preliminares.

À Assistente de Pesquisa do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa - Agroindústria Tropical, Márcia Régia, pela amizade, atenção e dedicação na condução dos trabalhos de laboratório.

À Alaís, Edalides, Eliardo, Marcela e Melissa, pela grande ajuda na realização das análises.

Ao Mestre em Tecnologia de Alimentos, Paolo Germanno, pela amizade e auxilio na elaboração das planilhas eletrônicas.

Aos companheiros do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa - Agroindústria Tropical, pelo maravilhoso convívio durante as análises.

Aos pesquisadores da Embrapa – Agroindústria Tropical, Ebenézer de Oliveira Silva, Fernando Antônio Souza de Aragão, Heloisa Almeida Cunha Filgueiras e José Luiz Mosca, pela amizade, apoio e admirável convívio.

Aos funcionários e prestadores de serviço da Embrapa – Agroindústria Tropical, em especial, D. Maria, pelo entusiasmo e facilidades oferecidas.

Aos funcionários da Fruit Fort: Hélio, Ivanildo, Ivete, Jailson e Wagner, pela atenção e pela dedicação na condução dos serviços prestados.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial, Deocleciano Xavier, secretário do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da UFC, pela colaboração durante o curso.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pelo incentivo, pela colaboração e pela solidariedade no decorrer do curso, em especial, Enéas, Fabrício, Gislainy, Orlando e Xavier.

Ao Sansão, pela amizade e eficiente editoração das fotografias.

Aos meus irmãos Macilio e Mardônio, pela incansável, incontestável e sadia participação nas profícuas discussões técnico-científicas em várias etapas do trabalho.

À Paula, pela atenção, apoio, incentivo e dedicação durante a fase final deste ensaio.

A todos enfim, que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

O presente trabalho objetivou caracterizar as alterações físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas durante o crescimento dos frutos de mangueira (*Mangifera indica*), cv. Tommy Atkins, da antese até a colheita comercial, visando à definição do ponto de colheita ideal em unidades de calor. Os frutos foram colhidos aos 35, 49, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 e 112 dias após a antese (DAA), sendo feitas as seguintes determinações: aspectos morfológicos externos; diâmetros longitudinal, ventral e transversal; produto dos diâmetros; massas fresca, seca e de água; teor de água; escalas de coloração da casca, de Blush para coloração da casca e de coloração da polpa; luminosidade, croma e ângulo Hue da polpa; firmeza; unidades de calor (UC); sólidos solúveis totais (SST); acidez total titulável (ATT); pH; relação SST/ATT; amido; açúcares solúveis totais, redutores e não redutores; nitrogênio total, não protéico e protéico; proteínas bruta e verdadeira; vitamina C; clorofila e carotenóides totais; fenólicos poliméricos, oligoméricos e diméricos; pectinas total, solúvel, de alta metoxilação e de baixa metoxilação; protopectina; percentagem de solubilização de pectina; atividade das enzimas pectinametilesterase, poligalacturonase, polifenoloxidase, peroxidase, amilase total, α- e β-amilases, α- e β-galactosidases extraídas de citosol e de parede celular; proteínas extraídas de citosol e de parede celular. O trabalho indicou que as mangas 'Tommy Atkins' atingiram a maturidade fisiológica aos 98 DAA, que equivale a 1.685,09 UC. O croma da polpa foi o melhor indicador do estádio de desenvolvimento do fruto da mangueira cultivada sob irrigação no sub-médio São Francisco, considerando-se o seu alto coeficiente de determinação, R^2=0,9832 ($P < 0,01$) e seu alto coeficiente de correlação com pH, açúcares solúveis totais e carotenóides totais, R=0,95; 0,93; e 0,93, respectivamente ($P < 0,01$).

Palavras-chave: *Mangifera indica*, fisiologia pós-colheita, índice de maturidade, graus-dia.

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize the physical, physicochemical, chemical and biochemical changes during the development of mango (*Mangifera indica*), cv. Tommy Atkins from anthesis to harvest, identifying the optimum harvest maturity stage in heat units. The fruits were harvested at 35, 49, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 and 112 days after the anthesis (DAA), being made the following determinations: fruit external morphology; longitudinal, ventral e transverse diameters; product of the diameters; fresh and dry mass; water content and percentage; skin, Blush skin and pulp color scales; pulp luminosity, Hue angle and chroma; firmness; heat units (HU); total soluble solids (TSS); total titratable acidity (TTA); pH; TSS/TTA ratio; starch; total, reducing and nonreducing soluble sugars; total, protein and nonprotein nitrogen; crude and true protein; C vitamin; total chlorophyll and carotenoids; polymeric, oligomeric and dimeric phenolics; pectin total, soluble and high/low metoxilation degree; protopectin; solubilization pectin percentage; pectin metyhylesterase, poligalacturonase, polyphenol oxidase, peroxidase, total amylase, α- and β-amylases, α- and β-galactosidases enzymes activities; cell wall and cytosol proteins. This work has indicated that mango 'Tommy Atkins' reached the physiological maturity at 98 DAA, that is equivalent to 1.685,09 HU. The pulp chroma was the best fruit development stage indicator in the cultivated conditions of this study (São Francisco valley), taking into account the high coefficient of determination, R^2=0,9832 ($P < 0,01$) and excellent correlation coefficients with pH, total soluble sugars and total carotenoids, R=0,95; 0,93; e 0,93, respectively ($P < 0,01$).

Keywords: *Mangifera indica*, postharvest physiology, maturity indices, degree-days.

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Temperaturas e umidade relativa do ar na região de Petrolina – PE durante o ano que antecedeu as colheitas (outubro a dezembro/04) das mangas 'Tommy Atkins'.....	59
2	Radiação solar global e precipitação pluviométrica na região de Petrolina – PE durante o ano que antecedeu as colheitas (outubro a dezembro/04) das mangas 'Tommy Atkins'.....	59
3	Panículas padrões 1 e 2 em mangueira 'Tommy Atkins'.....	62
4	Início da diferenciação floral em ramo de mangueira 'Tommy Atkins'....	63
5	Formatos do ombro, do nariz e do ápice de mangas 'Tommy Atkins' em desenvolvimento fisiológico e fisiologicamente desenvolvida.....	64
6	Ilustração dos diâmetros longitudinal, ventral e transversal de mangas 'Tommy Atkins'.....	65
7	Escalas de coloração da casca e da polpa como guia de maturação das mangas 'Tommy Atkins'.....	67
8	Frutos de mangueira 'Tommy Atkins' nos estádios chumbinho, bola de gude, ovo e fruto.....	82
9	Diâmetros longitudinal, ventral e transversal de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	84
10	Produto dos diâmetros de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	84
11	Massas fresca, seca, de água e o teor de água de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	85
12	Escalas de coloração da casca, de Blush para coloração da casca e de coloração da polpa de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	87
13	Luminosidade, croma e ângulo Hue da polpa de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	88
14	Sólidos solúveis totais de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	92

15 Acidez total titulável e pH de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 93
16 Relação SST/ATT de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 94
17 Amido, açúcares solúveis totais, redutores e não redutores de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 95
18 Nitrogênio total, não protéico e protéico de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 98
19 Proteína bruta e verdadeira de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 99
20 Vitamina C de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 100
21 Clorofila total da casca de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 101
22 Carotenóides totais de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 102
23 Fenólicos poliméricos, oligoméricos e diméricos de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 103
24 Pectina total, solúvel e percentagem de solubilização de pectina de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 105
25 Pectinas de alta metoxilação, de baixa metoxilação e a protopectina de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 106
26 Atividades da pectinametilesterase e poligalacturonase de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 107
27 Atividades da polifenoloxidase e peroxidase de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 109
28 Atividades amilásica total, α-amilásica e β-amilásica de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 111
29 Atividades α-galactosidásicas de citosol e de parede celular de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 112
30 Atividades β-galactosidásicas de citosol e de parede celular de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 113
31 Proteína de citosol e de parede celular de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 116

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Análises de fertilidade do solo da rizosfera e de tecido foliar de mangueiras cv. Tommy Atkins, no inicio do ciclo da cultura em Novembro de 2003.....	60
2	Características das panículas padrões 1 e 2 em mangueira, cv. Tommy Atkins.....	62
3	Distribuições absoluta e percentual dos frutos por panícula aos 56 DAA em mangueira, cv. Tommy Atkins.....	80
4	Valores médios e percentuais da fenologia da floração até o início da frutificação em mangueira, cv. Tommy Atkins.....	81
5	Aspectos morfológicos externos de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	83
6	Valores médios da firmeza da polpa, em mangas da cv. Tommy Atkins, aos 112 DAA.....	89
7	Valores de unidades de calor a partir da diferenciação do ramo até a antese e da antese até o início da frutificação em mangueira, cv. Tommy Atkins.....	90
8	Valores de unidades de calor a partir da antese até o fim da frutificação em mangueira, cv Tommy Atkins.....	91
9	Matriz de correlação entre sólidos solúveis totais e características físicas de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	118
10	Matriz de correlação entre massa seca, colorações da casca e da polpa, sólidos solúveis totais, acidez, pH e relação SST/ATT de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	120
11	Matriz de correlação entre croma da polpa, nitrogênio e proteína de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	121
12	Matriz de correlação entre croma da polpa, sólidos solúveis totais, carboidratos e amilases de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	122
13	Matriz de correlação entre croma da polpa, vitamina C, clorofila, carotenóides, fenólicos e oxidases de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.....	124

14 Matriz de correlação entre croma da polpa, pectinas, pectinases, galactosidases e proteína de mangas ‘Tommy Atkins’ durante o desenvolvimento..... 126

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1 Aspectos gerais da mangueira……...	20
2.2 Indução floral……	22
2.3 Fenologia da floração à frutificação.....	24
2.4 Ponto de colheita……...	27
2.5 Avaliações físicas……..	28
2.5.1 Aspectos morfológicos externos……	28
2.5.2 Diâmetros longitudinal, ventral, transversal e produto dos diâmetros.....	29
2.5.3 Massas fresca, seca, de água e o teor de água.....	30
2.5.4 Coloração da casca e da polpa.....	32
2.5.5 Firmeza……...	32
2.5.6 Unidades de calor (graus-dia).....	33
2.6 Avaliações físico-químicas e químicas.....	36
2.6.1 Sólidos solúveis totais.....	36
2.6.2 Acidez total titulável e pH.....	36
2.6.3 Relação SST/ATT……..	37
2.6.4 Carboidratos…….....	38
2.6.5 Nitrogênio total, não protéico e protéico.....	40
2.6.6 Vitamina C…….	42
2.6.7 Clorofila total…….	43
2.6.8 Carotenóides totais…….	45
2.6.9 Fenólicos…….....	47
2.6.10 Pectinas…….	49
2.7 Avaliações bioquímicas…….	52
2.7.1 Pectinametilesterase e poligalacturonase……...	52
2.7.2 Polifenoloxidase e peroxidase……	53
2.7.3 α- e β-Amilases…….....	55
2.7.4 α- e β-Galactosidases de citosol e de parede celular.....	56

2.7.5 Proteínas de citosol e de parede celular..... 56
3 MATERIAL E MÉTODOS..... 58
3.1 Localização, caracterização edáfica, climática e manejo da área de cultivo..... 58
3.2 Indução floral…… 61
3.3 Marcação das panículas……. 61
3.4 Fenologia da floração à frutificação..... 62
3.5 Colheita e manuseio das mangas……..... 63
3.6 Avaliações físicas……..... 64
3.6.1 Aspectos morfológicos externos……..... 64
3.6.2 Diâmetros longitudinal, ventral, transversal e produto dos diâmetros..... 65
3.6.3 Massas fresca, seca, de água e o teor de água..... 65
3.6.4 Escalas de coloração da casca e da polpa..... 66
3.6.5 Coloração da polpa..... 67
3.6.6 Firmeza……..... 68
3.6.7 Unidades de calor (graus-dia)..... 68
3.7 Avaliações físico-químicas e químicas..... 69
3.7.1 Sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH e relação SST/ATT..... 69
3.7.2 Determinação dos teores de carboidratos..... 69
3.7.3 Determinação dos teores de nitrogênio total, não protéico e protéico..... 70
3.7.4 Proteína bruta e verdadeira.....…… 71
3.7.5 Vitamina C.....……..... 71
3.7.6 Clorofila total……..…… 72
3.7.7 Carotenóides totais……..…… 72
3.7.8 Fenólicos……..……... 73
3.7.9 Pectinas……..…….. 73
3.8 Avaliações bioquímicas……..…….. 74
3.8.1 Atividade da pectinametilesterase……..... 74
3.8.2 Atividade da poligalacturonase……..……... 75
3.8.3 Atividade da polifenoloxidase…….……... 75
3.8.4 Atividade da peroxidase…..……..... 76
3.8.5 Atividades amilásica total, α- e β-amilásicas..... 76
3.8.6 Atividades α- e β-galactosidásicas..... 77
3.8.7 Teor de proteína…….. 78

3.9 Delineamento experimental e análise estatística..... 78
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 79
4.1 Indução floral……..... 79
4.2 Marcação das panículas……..….. 79
4.3 Fenologia da floração à frutificação..... 80
4.4 Avaliações físicas…...…….... 82
4.4.1 Aspectos morfológicos externos……..... 82
4.4.2 Diâmetros longitudinal, ventral, transversal e produto dos diâmetros..... 83
4.4.3 Massas fresca, seca, de água e o teor de água..... 85
4.4.4 Escalas de coloração da casca e da polpa..... 86
4.4.5 Coloração da polpa……..…….. 87
4.4.6 Firmeza……... 89
4.4.7 Unidades de calor (graus-dia)..... 90
4.5 Avaliações físico-químicas e químicas..... 91
4.5.1 Sólidos solúveis totais……..... 91
4.5.2 Acidez total titulável e pH..... 92
4.5.3 Relação SST/ATT……..... 94
4.5.4 Determinação de carboidratos…….....……... 95
4.5.5 Nitrogênio……... 97
4.5.6 Proteína bruta e verdadeira..... 98
4.5.7 Vitamina C.....……..... 99
4.5.8 Clorofila total……..... 101
4.5.9 Carotenóides totais……..... 102
4.5.10 Fenólicos……..... 103
4.5.11 Pectinas……. 104
4.6 Avaliações bioquímicas……..... 107
4.6.1 Pectinametilesterase e poligalacturonase..... 107
4.6.2 Polifenoloxidase e peroxidase…..... 109
4.6.3 Amilases……. 110
4.6.4 Galactosidases……..... 112
4.6.5 Proteína……... 115
4.7 Correlação entre as variáveis estudadas..... 117
4.7.1 Correlação entre sólidos solúveis totais e as variáveis físicas estudadas..... 117

4.7.2 Correlação entre as variáveis físicas, físico-químicas e químicas..... 119
4.7.3 Correlação entre as variáveis físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas..... 121
5 CONCLUSÕES…….. 128
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 129
APÊNDICE..... 147

1 INTRODUÇÃO

O interesse pela fruticultura tem aumentado, nos últimos anos, no Vale do São Francisco, devido a crescente comercialização exportadora. Entretanto, o desenvolvimento das técnicas práticas para a determinação do ponto de colheita, não acompanhou o ritmo de produção.

Quando os frutos são colhidos precocemente, ao serem transportados até o local de consumo, chegam ainda no estádio verde e muitas vezes murcham e não conseguem atingir a qualidade fisiológica necessária para o consumo *in natura*, por outro lado, quando colhidos tardiamente, sofrem danos mecânicos durante o transporte e chegam ao local de consumo passados, isto é, já em senescência. Deste modo, ambas as situações resultam em perdas pós-colheita, as quais refletem em prejuízo para os produtores e exportadores, além de ressaltar que o erro na determinação do ponto de colheita é o pior cartão de visita deste exportador.

Na determinação do ponto de colheita, pode-se utilizar índices físicos, químicos e bioquímicos.

Os índices físicos, geralmente são não destrutivos e baseiam-se nas características físicas do produto ou do ambiente, tais como: morfologia externa, massa, volume, densidade, tamanho, forma, cor, firmeza, calendário anual e unidades de calor.

Os métodos químicos baseiam-se na composição química do produto, a qual, dependendo do componente, pode diminuir ou aumentar com o avanço da maturação do fruto.

Já os bioquímicos, fundamentam-se na atividade das enzimas durante a maturação dos frutos.

Por outro lado, utiliza-se muito da correlação das características físicas, químicas e bioquímicas, para indicar o número de dias a partir da antese até a colheita, no entanto, quando o clima é quente, a maturação ocorre mais rapidamente e quando é frio, ocorre mais lentamente, portanto, quando se determina o ponto de colheita apenas em número de dias, sem avaliar a temperatura, pode-se estar incorrendo em erro.

Desta forma, sugere-se que a determinação do ponto de colheita seja fixada em dias-graus centígrados, pois só assim, estará levando-se em conta a variação da temperatura do dia, pois é determinada somando-se as diferenças entre temperatura média de cada dia e aquela tida como base, ou mínima em que se registra crescimento da cultura.

Face a essas considerações a presente pesquisa teve como objetivos:

i) caracterizar os estádios iniciais de desenvolvimento da manga (*Mangifera indica* L.), cv. Tommy Atkins, através das avaliações físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas de 35 até 112 dias após a antese (DAA);

ii) determinar a maturidade fisiológica da manga cv. Tommy Atkins no vale do São Francisco, Petrolina, PE;

iii) estimar em unidades de calor (UC) o grau de maturidade da manga 'Tommy Atkins' através da relação com o número de dias após a antese (DAA) e com as características físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas avaliadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da mangueira

A mangueira (*Mangifera indica* L.) pertence à classe Dicotiledônea e à família Anacardiaceae. O gênero *Mangifera* inclui cerca de 60 espécies, das quais a *M. indica* é a mais importante, embora existam outras espécies que produzem frutos comestíveis, como *M. altíssima*, *M. caesia*, *M. lagenifera*, *M. macrocarpa*, *M. odorata* e *M. sylvatica*. É uma árvore frondosa, de porte médio a grande, com copa simétrica, de forma arredondada baixa a piramidal alta, variando de baixa e densa a ereta e aberta, e com folhas sempre verdes. O sistema radicular é caracterizado por uma raiz pivotante e por raízes de superfície, as quais apresentam ramificações compostas por raízes finas e fibrosas (SANTOS-SEREJO, 2005).

Mukherjee (1985), seguindo a classificação proposta por Vavilov (1951), para os centros de origem das plantas cultivadas, relata que a mangueira é originária do segundo grande centro, o Indiano, e do subcentro Indo-Malaio. Essas regiões distintas deram origem às duas raças de manga: a indiana, originária do centro Indo-Burma tailandês, que produz frutos de boa aparência externa, cuja casca é bem colorida, variando de rosa a vermelho intenso, com sementes monoembriônicas; e a filipina ou indo-chinesa, originária do centro Filipino Celeste Timor, a qual produz fruto de formato alongado, com casca verde-amarelada quando maduro, e sementes poliembriônicas.

A manga foi introduzida na América, provavelmente, pelos portugueses no Brasil, no século XVI. Logo em seguida, foi introduzida no México pelos espanhóis. As primeiras introduções no Brasil, no entanto, referiam-se às cultivares filipinas, que geralmente produzem frutos com polpa fibrosa e de baixa qualidade e com semente poliembriônica, com pequena variação genética. Isso fez com que a cultura da manga ficasse limitada a pequenos pomares, sem muita expressão, e especificamente para atender ao mercado interno de maneira bem regionalizada, por quase três séculos (FERREIRA et al., 2002).

Na metade do século XX, no entanto, foram realizadas introduções de cultivares melhoradas indianas, procedentes da Flórida (USA), portadoras de melhor qualidade com sementes monoembriônicas, que induzem grande variabilidade quando plantadas de pé franco. Esse fato modificou sensivelmente a indústria mangícola nacional, dando um novo alento à cultura, pois essas cultivares americanas, que produzem frutos com pouca fibra, bem

coloridos e mais resistentes à antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* são mais comercializáveis, permitindo inicialmente ampliar o excelente mercado interno, e mais recentemente permitindo conquistar o mercado externo, notadamente dos Estados Unidos e Japão. A cultivar Haden foi introduzida no Brasil em 1931, mas só a partir da década de 60 foi plantada comercialmente, e apresenta uma série de limitações, principalmente com relação à sua suscetibilidade à seca da mangueira e à alternância de produção. Em 1970, foi introduzida a 'Tommy Atkins', junto com muitas outras cultivares que foram testadas e algumas recomendadas para as condições brasileiras. Com o aumento da demanda interna e o interesse crescente pelas exportações a partir de 1980, a 'Tommy Atkins' se mostrou bastante adequada, principalmente devido a sua maior tolerância à antracnose. A partir disso, juntamente com a 'Keitt' tem sido as cultivares mais plantadas no País (PIZA JÚNIOR, 1989; DONADIO, 1996).

A cv. Tommy Atkins foi originada nos anos 20 em Fort Lauderdale, Flórida, EUA, como uma progênie da 'Haden', pois devido o alto grau de heterozigose, cada planta, sem a interferência do homem, é considerada um híbrido F_1. Árvore cheia, densa e precoce, com frutos de tamanho médio a grande, 400 a 700 g, ovalados a oblongos, superfície lisa, com casca espessa, cor laranja-amarelada coberta com vermelho e púrpura intensa. Polpa amarelo-escura, firme, suculenta, teor médio de fibra. Semente monoembriônica, pequena, de 6 a 8% da massa fresca do fruto. O fruto é resistente à antracnose e a danos mecânicos, além de amadurecer bem se colhido imaturo, propiciando assim, uma maior vida útil pós-colheita. Apresenta problemas de colapso interno do fruto, alta suscetibilidade ao oídio e malformação floral. Possui teor de sólidos solúveis totais médio (17ºBrix) e sabor inferior quando comparada com as cvs. Palmer e Haden. É uma das cultivares de manga mais cultivadas mundialmente para exportação. Essa cultivar representa 50 e 80% das exportações de manga no México e no Brasil, respectivamente (CUNHA et al. 1994; DONADIO, 2002; PINTO et al., 2002b).

De acordo com Almeida et al. (2005), a mangicultura é uma das principais atividades do agronegócio frutícola do Brasil, apresentando desempenho crescente nos últimos anos, sendo o nono maior produtor mundial de manga, onde a Índia é o primeiro, e desde 1999, o segundo maior exportador dessa fruta, perdendo apenas para o México. O Brasil vem ampliando sua participação nas exportações mundiais e gerando empregos e renda em todo o território nacional, especialmente no Nordeste, a região que mais exporta manga, destacando-se os Estados da Bahia e Pernambuco.

2.2 Indução floral

De acordo com Albuquerque et al. (2002), o cultivo da mangueira (*Mangifera indica*, L) nas condições tropicais semi-áridas permite a produção de frutas durante todo o ano, inclusive em períodos onde a oferta do produto é escassa, tanto no mercado interno como no externo, desde que se utilizem técnicas de indução floral.

Os processos naturais de floração em muitas espécies frutíferas lenhosas quase sempre estão associados à inibição do crescimento vegetativo; essa inibição, em função do tempo e do estado nutricional da planta, cria condições para floração (BEM-TAL, 1986; FIERRO e ULLOA, 1991). Sendo assim, conforme Albuquerque et al. (2002), o frio e o estresse hídrico são condições naturais que induzem a paralisação do crescimento vegetativo da mangueira, nas condições de clima subtropical e tropical, respectivamente.

Brotos reprodutivos ocorrem geralmente depois de períodos extensos de repouso, nos trópicos de baixa latitude, ou durante os meses frios de inverno nas regiões tropicais de latitudes mais altas e nas subtropicais. A inflorescência normal ocorre de janeiro a março no hemisfério norte e de junho a setembro no hemisfério sul. No entanto, existem variações de comportamento com relação à floração, dentro da mesma cultivar, dependendo da idade da planta e do local onde estão plantadas, se nos trópicos secos ou úmidos ou nos subtrópicos (SINGH, 1960).

Albuquerque et al. (2002) afirmam que técnicas de manejo bem conduzidas podem melhorar a quantidade e a qualidade dos brotos vegetativos. A poda estimula rapidamente a brotação em gemas axilares, conseguindo assim multiplicar o número de brotos. Posteriormente, com técnicas adicionais como manejo nutricional, uso de reguladores e estresse hídrico, é possível amadurecer os brotos gerados da poda. O nível de estímulo floral determina a resposta: níveis altos dão origem a panículas normais, níveis intermediários dão origem a panículas mistas, níveis baixos resultam em crescimento vegetativo.

Schaffer (1994) estudando o efeito do fotoperíodo na cv. Tommy Atkins, constatou que a mangueira é uma planta neutra.

Segundo Shu e Sheen (1987) estudando o efeito da temperatura no florescimento da mangueira, observaram que as gemas axilares da cv. Haden, sob temperatura de 19ºC dia/13ºC noite e 25ºC/19ºC, tiveram 87 e 60% de desenvolvimento floral, respectivamente; quando a relação temperatura diurna/noturna foi 31ºC/25ºC, foram obtidos apenas ramos vegetativos das gemas.

Na região do sub-médio Vale do São Francisco, a floração natural da mangueira ocorre durante os meses de maio a agosto, quando o clima está mais seco e as temperaturas noturnas mais baixas, geralmente menores que 20ºC, e a colheita se completa entre outubro e janeiro, período que coincide com a safra em outras regiões do País, que é caracterizada por uma alta oferta do produto no mercado. Porém, a maioria dos produtores procura direcionar sua produção para janelas de mercado, induzindo a floração, muitas vezes, em condições adversas (ALBUQUERQUE et al., 2002).

Conforme Chen (1987) durante os períodos de dormência, a disponibilidade de auxina foliar decresce com a idade do ramo, e os níveis de citocinina se incrementam com o tempo, sugerindo, portanto, que a auxina age como inibidora e a citocinina como promotora no processo de quebra da dormência dos ramos.

Albuquerque et al. (2002) relatam que altos níveis de giberelinas inibem a floração e estimulam o crescimento vegetativo; o declínio dos teores de giberelinas aumentará a floração, portanto, o principal papel dos reguladores de crescimento vegetal é a supressão da biossíntese das giberelinas.

Felippe (1979) afirma que entre as várias funções do etileno estão a promoção da floração em plantas lenhosas e a aceleração de maturação de órgãos das plantas. Neste sentido, Albuquerque et al. (2002) informam que o uso do etefon (ácido 2-cloroetilfosfônico) para o amadurecimento de gemas, quando se trabalha em condições adversas, tem sido uma das principais ferramentas do produtor, embora não tenha bom desempenho quando utilizado isoladamente, portanto, deve ser combinado com estresse hídrico e/ou paclobutrazol (PBZ).

O impacto primário do estresse hídrico na manga é evitar a emissão de fluxos vegetativos. A idade acumulada dos brotos é maior em árvores estressadas que em árvores mantidas sob boas condições de irrigação, as quais podem emitir fluxos vegetativos mais freqüentemente. Esse retardo no crescimento pode fornecer mais tempo para acumulação do estímulo floral proposto ou redução no nível do promotor vegetativo; a medida que o ramo amadurece, diminui o nível de ácido giberélico (GA_3) (NUÑEZ-ELISEA e DAVENPORT, 1991).

O PBZ tem sido usado para estimular a floração, promovendo a paralisação do crescimento vegetativo e reduzindo o alongamento da brotação, sendo a sua ação em função da inibição da biossíntese das giberelinas, pois bloqueia a oxidação de caureno para ácido caurenóico. Para a cv. Tommy Atkins recomenda-se aplicar 1 g do princípio ativo do produto por metro de diâmetro de copa (MANICA, 1996; SILVA, D., 2000; ALBUQUERQUE et al., 2002).

O sulfato de potássio (K_2SO_4) deve ser utilizado em duas a três aplicações nas concentrações de 2 a 2,5%. A função do sulfato de potássio está relacionada com o íon potássio, que vai interferir na relação potássio/nitrogênio (K/N), para impedir que a planta vegete, além de aumentar o teor de carboidratos (ALBUQUERQUE et al., 2002).

O efeito dos nitratos (KNO_3, $Ca(NO_3)_2$ e NH_4NO_3) no processo de indução floral deve ser interpretado com cautela; os nitratos não induzem a floração, eles estimulam a iniciação do crescimento. Assim, somente sob condições adequadas da planta e do ambiente à indução floral, o crescimento será reprodutivo. As dosagens comumente usadas variam de 2 a 4% para nitrato de potássio (KNO_3), de 1,5 a 2% para o nitrato de cálcio ($Ca(NO_3)_2$) e até 1% para nitrato de amônia (NH_4NO_3) (ALBUQUERQUE et al., 2002; FONSECA e SANTOS-SEREJO, 2005).

Para Albuquerque et al. (2002), o manejo artificial adequado de floração da mangueira é delineado de acordo com a época do ano, portanto, utiliza-se dos fatores que mais influenciam o processo de floração naquele período, tais como: etefon, estresse hídrico, paclobutrazol, sulfato de potássio, nitrato de potássio e nitrato de cálcio. A indução floral nas condições climáticas do semi-árido nordestino brasileiro no período de maio a agosto (época mais fria e de menor precipitação) é mais fácil que no período de outubro a abril (época mais quente e de maior precipitação).

2.3 Fenologia da floração à frutificação

O florescimento ocorre em ramos com, no mínimo, quatro meses de idade, sob condições tropicais (SIMÃO, 1971), ou com três meses, sob regime de temperaturas mais amenas (CUNHA et al., 2002), ou com seis meses, sob condições normais (PINTO et al., 2002a). É um fenômeno complexo que ocorre durante um período longo que varia de cinco a seis meses, podendo ter seu início antecipado ou retardado (SIMÃO, 1971), natural ou artificialmente, em razão das condições climáticas reinantes e da produtividade da safra anterior ou do uso de determinadas práticas culturais (fitorreguladores de crescimento), respectivamente (CUNHA et al., 2002). O envolvimento dos fatores climáticos (temperatura, seca e fotoperíodo) e do etileno no florescimento da mangueira ainda não é plenamente conhecido (DAVENPORT e NUÑEZ-ELISEA, 1990).

De acordo com Pinto et al. (2002a), a mangueira possui inflorescência do tipo panícula, de forma cônica a piramidal, que se desenvolve de gemas terminais de ramos maduros, nas quais se encontram flores perfeitas (hermafroditas) e masculinas, portanto, é polígama. O número de panículas por planta varia de 600 a 6.000, e as flores por panícula variam de 200 a 4.000 ou, segundo Simão (1971), 400 a 17 mil, as quais são pequenas (diâmetro de 8 a 11 mm e disco de 2 a 4 mm) e rosadas. Ainda de acordo com esse mesmo autor, são, em geral, pentâmeras, com androceu composto de quatro a seis estames, dos quais apenas um é fértil; o ovário é súpero, unilocular e o estigma rudimentar.

A relação sexual em mangueira é a proporção entre flores hermafroditas e estaminadas, sendo bastante variável dentro de cada panícula da planta e entre cultivares. A panícula mede de 10 a 60 cm, com o número de flores perfeitas variando de ano para ano e, dependendo da cultivar e da localização da panícula na planta, pode variar de 2 a 75% (LIMA FILHO et al., 2002). A cv. Tommy Atkins, em condições de cerrados, chega a alcançar uma proporção de 52 a 62% de flores masculinas, considerando tanto a posição da flor na raquis quanto à posição da panícula na planta (PINTO et al., 1987).

A panícula desenvolve-se num período de 35 a 42 dias, e as primeiras flores só abrem depois de 21 dias de iniciado o desenvolvimento da inflorescência, e a duração do florescimento varia de 18 a 23 dias, portanto, as flores iniciam a antese antes mesmo que as panículas atinjam o total comprimento. As flores abrem durante a noite, mas a deiscência só ocorre no dia seguinte das 12:30 até as 16 horas (SIMÃO, 1971), ou das 6 às 10 horas, como observado em algumas regiões (CUNHA et al. 2002), pois a deiscência é dependente do clima. Por outro lado, conforme Pinto et al. (2002a) a maior concentração na abertura das flores ocorre entre 9 e 11 horas. A receptividade do estigma tem duração de aproximadamente 72 horas após a antese, embora esteja receptivo antes da antese (MUKHERJEE, 1985). O número de pólen por antera varia de 271 a 648, havendo variação entre cultivares (PINTO et al. 2002a).

A polinização é feita, geralmente, por insetos, na sua maioria moscas (dípteros), com pequena participação das abelhas. A baixa população de insetos no período do florescimento e a presença de outras espécies mais atrativas, entre outros fatores, podem contribuir para ocorrência de falhas no processo de polinização (FONSECA e SANTOS-SEREJO, 2005).

A inflorescência da mangueira possui centenas a milhares de flores pequenas, porém a fecundação não é tão eficiente, apenas 3 a 35%, sendo diretamente afetada pelas condições climáticas, principalmente pela chuva. Assim sendo, a quantidade de frutos que vingam e amadurecem é pequena em comparação com o número de flores produzidas por árvore. Isso

porque o número de estigmas atingidos pelos grãos de pólen não ultrapassa 45% e a fecundação é ainda menor, provocada pela disposição dos órgãos masculinos e femininos e pela diferença de altura entre o estilete e o filete, além dos grãos de pólen serem pesados e agregados, portanto, de difícil soltura, aliados à dicogamia e agentes patogênicos (SIMÃO, 1971; LAROUSSILHE, 1980).

A polinização em mangueira, principalmente naquelas monoembriônicas é considerada um fator limitante, já que o grande número de flores não corresponde ao muito pequeno número de frutos vingados. As plantas poliembriônicas produzem embriões nucelares não sendo, necessariamente, obrigadas a serem polinizadas para ocorrer a fecundação e vingamento de frutos (PINTO et al., 2002a).

O fenômeno do baixo vingamento de frutos é muito comum em mangueira, uma vez que, no máximo, 35% do total de flores da mangueira são polinizadas resultando em cerca de 0,01% o número de frutos no *stand* final (SINGH, 1954). Vários fatores são responsáveis pelo baixo vingamento de frutos, como, por exemplo, o grande número de flores perfeitas que não são polinizadas e o alto número de flores masculinas na panícula. Além do pequeno número de pólen por antera que é um fator genético (cultivar), os fatores nutricional (deficiência de boro) e ambiental como a temperatura abaixo de 16ºC também afetam a produção e a viabilidade do pólen, causando um baixo vingamento de frutos (SHARMA e SINGH, 1970).

A abscisão de flores e frutos de mangueira ocorre ao acaso em qualquer posição da panícula, embora um maior número de frutos se estabeleça ou ocorra o vingamento na porção terminal da panícula (PINTO et al., 2002a).

Geralmente, apenas uns poucos frutos por panícula (1 a 3) completam seu desenvolvimento e atingem a maturação, pois muitos sofrem abscisão durante a primeira semana após a fecundação. Essa é uma característica que pode ser influenciada tanto por fatores genéticos quanto por fatores climáticos e por manejo inadequado. Baixa temperatura, chuva, vento forte, plantas mal nutridas e antracnose são alguns dos aspectos que limitam a produção em várias regiões do mundo (CUNHA et al., 2002).

A frutificação é intensa, entretanto, a mangueira apresenta um elevado índice de queda de frutos, atingindo cerca de 80%. O fruto é uma drupa com variações na forma, cor e massa, cuja maturação ocorre entre 3 e 4 meses após a fecundação (LIMA-FILHO et al., 2002).

O fruto da mangueira é uma drupa, com tamanho e massa variando de poucos gramas a 2 kg, de formas reniforme, ovada, oblonga, arredondada ou cordiforme, e casca com diferentes variações das cores verde, amarelo e vermelho. Em geral, a cor do fruto está relacionada à cor da raque. A casca é coriácea e macia e envolve a polpa, de cor amarela

(várias tonalidades), mais ou menos fibrosa (de acordo com a cultivar) e de sabor variado. No interior da polpa encontra-se o caroço ou semente, que é fibroso e apresenta diferentes formas e tamanhos, de acordo com a cultivar (LAROUSSILHE, 1980).

De acordo com Medina, Voltaire (1996) quando a mangueira é enxertada e conduzida de acordo com os requisitos técnicos exigidos pela cultura, sua frutificação tem início no terceiro ano após o plantio, embora a produção econômica só comece a partir do quarto ano, sendo possível obter rendimentos de 7 a 33 t/ha.

2.4 Ponto de colheita

O grau de maturidade ideal para a colheita, depende do tempo que a manga levará para ser consumida ou industrializada. Para utilização imediata, colhem-se frutos completamente maduros e para transporte ou armazenagem por períodos longos, no estádio maturo, a fim de chegarem ao mercado varejista em bom estado de conservação e maturação (MEDINA, Valdique, 1996).

De acordo com Alves et al. (2002), os frutos colhidos prematuramente não amadurecem ou o fazem de forma irregular. Quanto mais imaturo o fruto, maior a sensibilidade à baixa temperatura, e maior a perda de água por transpiração. As deficiências no amadurecimento da manga colhida prematuramente manifestam-se, entre outros aspectos, na cor, na firmeza, no conteúdo de açúcares e na acidez. Por sua vez, uma colheita tardia reduz a vida útil e torna o fruto mais sensível a danos mecânicos e ao ataque de microrganismos.

Segundo Cunha et al. (2002), a época de maturação da manga, cujo crescimento apresenta padrão sigmóide, varia entre as diversas regiões produtoras, e o período de seu desenvolvimento (da floração à maturidade fisiológica) é, em geral, de 100 a 150 dias. Em regiões mais quentes, esse período é menor.

Vários parâmetros têm sido sugeridos para determinar a maturidade da manga, com base no seu aspecto externo, no aspecto físico e na composição química à época da colheita. Todavia, esses índices variam bastante de cultivar para cultivar, não podendo ser generalizados para todas as espécies existentes. Quando as mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Haden’ destinam-se a exportação por via marítima, devem se colhidas apenas aquelas que

apresentam a espádua elevada na região de inserção do pedúnculo e a espádua dorsal bem saliente. As mangas que não tiverem essa saliência, em hipótese alguma, devem ser colhidas, pois não amadurecerão. Para a manga 'Tommy Atkins', a colheita tem início após 100 a 105 dias da sua florada, pois após 105 dias inicia-se a mudança na coloração da casca (BLEINROTH, 1994).

Segundo Srivastava apud Bleinroth (1989), deve-se levar em consideração três fatores importantes para determinar o ponto de colheita, os quais deverão ser ajustados de acordo com a cultivar e a região produtora, que são: densidade da fruta entre 1,01 e 1,02 g/cm^3; firmeza entre 17,15 e 19,60 N e sólidos solúveis totais entre 12 e 15ºBrix. Neste mesmo sentido, Kader (1999) afirma que o teor mínimo de SST necessário para se efetuar a colheita é de 12 a 14ºBrix.

Para Medlicott e Reynolds (1988) o ponto de colheita da manga deve ser determinado através da cor da casca e da polpa, associada com outras observações tais como: dias pós-florada, aspecto das lenticelas, textura, sólidos solúveis totais e acidez.

Conforme Alves et al. (2002), a maturação mínima para colheita da cv. Tommy Atkins é cor de polpa 1 (creme), cor de casca 2 (verde claro), firmeza de 129,41 N e sólidos solúveis totais de 7,3ºBrix. Entretanto, o autor adiciona que atualmente recomenda-se que as mangas que se destinam à Europa e ao Canadá sejam colhidas com cor de polpa correspondente ao grau entre 2 (até 30% da área amarela e o restante creme) e 3 (amarelo) da escala subjetiva de coloração da polpa.

2.5 Avaliações físicas

2.5.1 Aspectos morfológicos externos

Conforme Reid (2003) a forma é um índice de maturidade recomendado para: angulosidade de bananas, faces cheias em mangas, compactação em couves-flor e brócolis. Este autor também indica a morfologia e a estrutura da superfície como índice de maturidade, pois pode-se avaliar a formação de cutícula em uvas e tomates, bem como, o brilho de alguns frutos, o que indicia o desenvolvimento da cera.

A forma é estabelecida mediante medições das dimensões ou pelo uso de tabelas com relação às dimensões, isto é, é avaliada pela relação entre os diâmetros ou por outras características peculiares da espécie ou cultivar. Como exemplo, tem-se a angulosidade em banana: de acordo com a cultivar, são colhidas quando apresentam redução na angulosidade, em geral, quando atinge de 32 a 36 mm de diâmetro; preenchimento das faces em manga, pêssego e nectarina: são colhidas quando ocorre o preenchimento das faces adjacentes ao pedúnculo; compactação em brócolis e couve-flor. Para avaliar a morfologia e estrutura superficial do produto, são observados, visualmente, a formação da cutícula ou o desenvolvimento de ceras (brilho) na superfície do produto, ou mudanças de estrutura como a forma reticulada em alguns tipos de melão. Portanto, o conjunto das modificações na aparência como brilho, cor da casca, formação da cutícula, formação de ceras e desenvolvimento do ápice, podem, isoladamente ou em conjunto, dar uma idéia do grau de maturação do produto. Em maçã ocorrem modificações da forma com a evolução do desenvolvimento e da maturação (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

De acordo com Alves et al. (2002), os indicadores físicos como índices de colheita para manga são baseados, em sua maioria, em características relacionadas à forma e ao aspecto do fruto, que podem ser percebidas visualmente sem o emprego de métodos destrutivos, tais como: formato do ombro, textura da casca, brilho da casca, distanciamento das pontuações brancas e formato do nariz.

Para determinar a maturidade da manga, com base na forma do fruto, observa-se ápice mais cheio e arredondado, quando o bico começa a aparecer em alguns cultivares. A espádua (ombro) que na fruta verde está em linha reta com a inserção do pedúnculo, se eleva com a maturidade (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

2.5.2 Diâmetros longitudinal, ventral, transversal e produto dos diâmetros

Conforme Reid (2003), o tamanho é um índice de maturidade recomendado para todas as frutas e muitas hortaliças. Neste sentido, Kays (1991) afirma que o tamanho pode ser determinado pela dimensão (comprimento, largura, diâmetro ou circunferência), massa ou volume.

Por outro lado, Chitarra e Chitarra (2005) explicam que o tamanho é usualmente limitante como índice de maturidade em frutas, mas é bastante utilizado para hortaliças,

especialmente naquelas comercializadas na fase precoce de seu desenvolvimento. As frutas são, em geral, avaliadas pelo diâmetro.

Miranda (2002), estudando o crescimento dos frutos de sapoti, evidenciou que os mesmos aumentaram em tamanho durante todo o seu desenvolvimento e que o diâmetro transversal aumentou linearmente ($R^2 = 0,98$), enquanto, o diâmetro longitudinal aumentou quadraticamente ($R^2 = 0,99$). Neste sentido, Leite et al. (2005) pesquisando as características físicas da manga cv. Tommy Atkins obtiveram os seguintes valores médios, respectivamente, para diâmetros longitudinal, ventral e transversal: 10,89; 9,55 e 8,67 cm.

Morais (2001) trabalhando com 'Tommy Atkins' observou que o volume e as massas seca e fresca podem ser determinadas a partir do produto dos diâmetros, um método não destrutivo, baseado em medições fáceis e rápidas. Esta pesquisadora também verificou um aumento no produto dos diâmetros a partir de 32 dias após floração plena (DAFP), onde foi constatado 65,38 cm^3 até 874,60 cm^3 aos 103 DAFP, isto é, com o avanço da maturação. Resultados semelhantes foram obtidos por Castro Neto e Reinhardt (2003) estudando a cv. Haden.

2.5.3 Massas fresca, seca, de água e o teor de água

A massa correlaciona-se bem com o tamanho do produto e constitui uma característica varietal. Ao atingirem o pleno desenvolvimento, as frutas devem apresentar massa variável dentro dos limites típicos da cultivar, os quais são bastante flexíveis (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Castro Neto e Reinhardt (2003) pesquisando as relações entre parâmetros de crescimento do fruto da manga cv. Haden constataram que o acúmulo de massa fresca ocorreu até 55 dias após a floração, atingindo 436 g. Já Morais (2001) trabalhando com 'Tommy Atkins', verificou acúmulo de massa fresca até 103 DAFP.

Leite et al. (2005) pesquisando as características físicas da manga cv. Tommy Atkins, confirmaram a ocorrência de uma massa fresca média de 509,19 g ± 23,15, portanto, variou de 486,04 a 532,34 g. Neste sentido, Morais (2001) constatou uma variação de 36,86 g aos 32 DAFP até 515,58 g aos 103 DAFP, sendo assim, a massa fresca aumenta com o avanço da maturação.

A água contida nos alimentos encontra-se sob as seguintes formas: livre, de estrutura e de constituição. A água livre é a que não se encontra ligada a nenhuma estrutura molecular dentro da célula, isto é, encontra-se em estado livre e é relativamente fácil de ser eliminada. Constitui a fração de água existente nos alimentos. As demais formas de águas existentes nos alimentos concentrados são denominadas de estrutura (altera a natureza física da substância) e de constituição (entra na formação da substância), que apesar da importância sob o aspecto físico-químico não apresentam valores no aspecto prático, pelos baixos teores com que estão presentes. Na determinação do teor de umidade interessa apenas as formas de água livre e de estrutura. A determinação da umidade (percentagem de água) pode ser feita por dois processos: pelo processo indireto e processo direto. No indireto (secagem em estufa), o que se determina é a matéria seca (massa seca), admitindo-se que a perda de massa corresponda a massa de água perdida. Na realidade, outras substâncias voláteis além da água são consideradas, também, como água, ocasionando algum erro, o que vem a ser uma desvantagem do método. O processo denominado direto (destilação com tolueno), determina-se a quantidade de água (massa de água) diretamente, embora também esteja sujeito a erros, uma vez que não é muito fácil distinguir a exata separação da camada de água e do tolueno, que é também evaporado e condensado, dentro do tubo receptor graduado (ISLABÃO, 1985; SILVA, 1990).

Conforme Kader (1999), a massa seca é índice objetivo de maturidade estabelecido para abacate na Califórnia (EUA), devendo variar de 17 a 20,5%, dependendo do cultivar.

Morais (2001) trabalhando com ‘Tommy Atkins’, verificou acúmulo de massa seca até 103 dias após a plena floração (DAPF), variando de 5,33 g (32 DAPF) a 86,65 g (103 DAPF), desta forma, a massa seca aumenta com o avanço da maturação. Já Castro Neto e Reinhardt (2003) estudando as relações de crescimento do fruto da manga cv. Haden verificaram que o padrão de crescimento observado para volume, massa fresca, massa de água e massa seca foram similares, isto é, padrão sigmoidal, no entanto, o volume, a massa fresca e a massa de água, atingiram o seu máximo aos 55 dias após a floração (DAF), enquanto a massa seca atingiu o seu máximo apenas aos 73 DAF, correspondendo, portanto, ao ponto de maturação fisiológica. Estes autores também evidenciaram que a percentagem de água (teor de água) manteve-se praticamente constante durante a maturação, no entanto, quando decresce, reduz a massa fresca.

Leite et al. (2005) avaliando as características físicas da manga cv. Tommy Atkins, observaram um conteúdo de água (teor de água) médio de 85,24% ± 0,84, portanto, variou de 84,4 a 86,08%.

2.5.4 Coloração da casca e da polpa

Embora nem todos os frutos mudem de cor durante o amadurecimento, esta é uma das características mais associadas ao ponto de colheita e maturidade para consumo (TUCKER, 1993). A época, a velocidade e a intensidade da mudança variam entre espécies e entre cultivares de uma mesma espécie (KAYS, 1991).

As alterações mais representativas ocorrem em nível de degradação da clorofila. Apesar do mecanismo exato desta degradação ainda não esteja totalmente entendido, supõe-se que a molécula de clorofila seja solubilizada das membranas dos tilacóides do cloroplasto para o estroma, onde é oxidada (TUCKER, 1993).

Simultaneamente à degradação de clorofila, pode haver síntese de outros pigmentos em alguns frutos (KAYS, 1991; TUCKER, 1993; WILLS et al., 1998). Neste sentido, de acordo com Medlicott et al. (1992), as mudanças na coloração da manga, se devem à degradação da clorofila e síntese de carotenóides (carotenos, licopeno e xantofilas) e flavonóides (antocianinas).

Conforme Saúco (1999), apesar da avaliação da cor da polpa da manga ser um método destrutivo, é prático e confiável para definição do ponto de colheita, sendo utilizado em diversos países exportadores.

Rocha et al. (2001), avaliando a cor na cv. Tommy Atkins através de escala subjetiva indicou que a coloração da casca passou de verde-oliva, no primeiro estádio de maturação, para vermelha no último estádio, assim como, a coloração da polpa passou de branca para laranja.

2.5.5 Firmeza

As alterações na firmeza são bastante representativas, podendo afetar a palatabilidade, a duração do período de armazenamento e a extensão da vida útil do fruto (KAYS, 1991; YOSHIOKA et al. 1994).

O amolecimento aumenta através de perda de turgescência, degradação do amido ou degradação das paredes celulares. A perda de turgescência é um processo não-fisiológico associado á desidratação pós-colheita do fruto, podendo adquirir importância comercial

durante o armazenamento. Nos frutos em que o amido constitui uma alta percentagem da massa fresca, sua degradação resulta em mudanças acentuadas na firmeza. No entanto, em geral, as alterações na firmeza durante o amadurecimento resultam, predominantemente, da desestruturação da parede celular (TUCKER, 1993).

Uma vez iniciado o amolecimento, a taxa de mudança na firmeza é função do tipo de fruto e das condições nas quais é mantido (KAYS, 1991).

É improvável que uma simples enzima seja responsável por mudanças na firmeza. Na realidade, o processo deve envolver uma interação complexa das atividades das enzimas amilásicas, pécticas e galactosidases com mudanças físico-químicas na parede. Parece, ainda, que o amolecimento de diferentes frutos pode ocorrer por diferentes mecanismos (TUCKER, 1993).

Lucena et al. (2000), estudando a caracterização físico-química da manga, cv. Tommy Atkins, nos estádios 2, 3 e 4 de maturação, constataram que a firmeza média avaliada através de penetrômetro foi de 95,41, 85,93 e 48,75 N, respectivamente, portanto, é decrescente com o avanço da maturação.

2.5.6 Unidades de calor (graus-dia)

Os sistemas de unidades de calor (UC) são utilizados para caracterizar o desenvolvimento da planta, pelo fato da taxa de desenvolvimento variar com a temperatura (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Segundo Alves et al. (2002), o indicador dias-graus centígrados está relacionado com o tempo de crescimento, podendo ser útil em regiões onde amplas variações de temperatura são comuns.

As unidades de calor são utilizadas no estabelecimento do tempo necessário para o desenvolvimento do produto após a floração, em condições climáticas bem definidas. Para cada cultura existe um número característico de unidades de calor. Mudanças nas condições climáticas poderão antecipar (calor) ou retardar (frio) a maturidade. Esse método deve ser testado durante alguns anos e apresenta o inconveniente de ser necessário o conhecimento da temperatura mínima requerida, pela cultura, para o seu crescimento (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O conceito de graus-dia ou unidades térmicas pressupõe a existência de uma temperatura abaixo da qual a planta não se desenvolve ou, se o fizer, o faz a uma taxa muito reduzida, denominada temperatura base. Esse conceito se baseia no fato de que uma planta necessita de certa quantidade de energia, representada pela soma de ºC, ou seja, o número de graus-dia de desenvolvimento (GDD), acima do valor da temperatura-base, para completar determinada fase fenológica ou, mesmo, seu ciclo total (SILVA et al., 1999).

A predição do estádio de desenvolvimento é, portanto, baseado no acúmulo de graus (ºC) por unidade de tempo, acima da temperatura base, freqüentemente designada como "limiar para o crescimento". A temperatura limite é definida com base no tempo e na temperatura, desde o plantio até a colheita de uma cultura, desenvolvida em diferentes localidades ou durante vários anos. Determina-se a temperatura média diária, cuja soma algébrica é deduzida da temperatura mínima de crescimento. Assim, pode-se predizer a época provável da maturidade, num determinado ano. À medida que a maturidade se aproxima, pode ser checada por outros meios (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os estudos das interações clima-planta foram iniciados, segundo Mota (1986), por Réaumur, em 1735, sendo este considerado o precursor do sistema de graus-dia (GD) ou unidades térmicas. Um GD, ou unidade térmica, era definido como a temperatura média do dia. No método original aplicado por Réaumur, a constante térmica era calculada a partir da soma das temperaturas médias diárias acima de 0ºC, que podia ser determinada para o ciclo total ou para cada fase. Esse método foi denominado de método direto, que apresentava o inconveniente de sofrer variações segundo as localidades consideradas (MOTA, 1986). De acordo com este autor, para atender ao cálculo de graus-dia para diversas localidades deve-se usar o método residual, que consiste no somatório das diferenças entre a temperatura média diária e a temperatura base.

A complexidade fisiológica da planta impede a determinação precisa da temperatura base. Contudo, é possível encontrar na literatura resultados de pesquisas dando faixas de valores aproximados das temperaturas ótimas e extremas, nas quais se espera um pleno desenvolvimento da espécie cultivada. O sucesso do uso de GD para determinar o ponto de colheita se baseia na informação da temperatura base (SILVA et al., 1999). Chaudhri (1976) e Silva (1996) sugerem o valor 10ºC como a temperatura base da mangueira.

A exatidão em predizer o estádio de desenvolvimento da planta ou de parte da planta através de métodos graus-dia, depende da determinação precisa da temperatura base (HIGLEY et al., 1986). O crescimento e desenvolvimento das plantas tropicais ocorrem mais

frequentemente entre 10 e 40ºC. Os relacionamentos de desenvolvimento e temperatura são usualmente lineares em vez de logarítmicos dentro desses limites (MONTEITH, 1977).

Os sistemas de unidades de calor são utilizados em culturas com uma única colheita comercial, tais como ervilha e milho. A soma de calor é utilizada na Europa e nos Estados Unidos, principalmente para produtos cujo teor de amido aumenta consideravelmente com a maturação. O inconveniente do método é a necessidade do conhecimento da temperatura de paralisação do crescimento do produto. Em ervilhas, por exemplo, essa temperatura é de 4,4ºC. São necessárias 700 UC para a cultivar industrial e 800 UC para a cultivar de mercado, para que elas atinjam o ponto ideal de colheita (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Silva et al. (1999) estudando a relação entre coeficientes de cultura e GD da alface, utilizando 4,4ºC como temperatura base, constataram que a colheita foi realizada com GD igual a 742ºC e coeficiente de cultura (Kc) médio de 1,2.

Silva (2004) avaliando a fenologia do pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) ocorrente na Chapada do Araripe, Crato-CE, com a temperatura base de 15ºC, afirmou que a somatória das unidades térmicas no período de janeiro a dezembro de 2002 para a fase vegetativa revelou a necessidade de um total de 457,8 GD para as áreas de cerradão e cerrado; a floração um total de 825,0 GD e 829,8 GD para as áreas de cerradão e cerrado, respectivamente, enquanto que a maturação dos frutos necessitou de 151,6 GD nas quatro áreas do estudo (duas áreas de cerradão e duas áreas de cerrado).

Conforme Reid (2003), a média de UC durante o desenvolvimento do fruto é um dos índices de maturidade estabelecidos para pêra, maçã e milho-doce. Neste sentido, Chitarra (2000) afirma que este método é utilizado para milho, ervilha e tomate, destinados à industrialização. Já Alves et al. (2002) recomendam este método como indicador físico para manga.

GD tem sido usado para prever a maturidade do fruto em pessegueiro e nectarina (MUÑOZ et al., 1986). Entretanto, para plantas tropicais a literatura é escassa; para manga, por exemplo, 1.000 GD são necessários para se obter fruto de alta qualidade, embora nenhuma referência seja feita para a temperatura base utilizada nos cálculos (OPPENHEIMER, 1947 apud SINGN, 1977).

Mosqueda-Vázquez e Ireta-Ojeda (1993) pesquisando GD e temperaturas-base requeridas para os desenvolvimentos da inflorescência e do fruto da manga ‘Manila’, verificaram que com a temperatura base de 12ºC são necessários 434,7 GD para elongação da inflorescência, enquanto com uma temperatura base de 0,33ºC são necessários 2.292,7 GD para a maturidade do fruto ser atingida.

Burondkar et al. (2000) trabalhando com estimativa de UC como índice de maturidade para diferentes cultivares de manga na região de Konkan de Maharshtra, Índia, observaram que das três cultivares estudadas com a temperatura base de 17,9ºC, a cv. Alphonso registrou a menor duração (111 e 93 dias) e unidade de calor (718 e 701 GD) em ambas as localidades (Vengurla e Deogad), seguido por 'Kesar' (118 e 98 dias; 773 e 799 GD) e 'Ratna' (127 e 112 dias; 849 e 866 GD) nos respectivos locais.

2.6 Avaliações físico-químicas e químicas

2.6.1 Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais (SST), normalmente é feito com objetivo de se ter uma estimativa da quantidade de açúcares presentes nos frutos, embora, medidos através de refratômetro, incluem, além dos açúcares, pectinas, sais e ácidos. Os SST aumentam nos frutos com o amadurecimento, os quais são constituídos principalmente pelos açúcares solúveis (LIMA, 1997).

A evolução do teor de SST em manga varia de 7,0 a 17,4ºBrix, dependendo da cultivar e do estádio de maturação do fruto. Algumas cultivares apresentam teores mais baixos como a Palmer (7,0 a 14,0ºBrix) conforme Melo Neto et al. (1999); a Haden (8,0 a 14,7°Brix) de acordo com Camillo-López et al. (1995); a Keitt (7,0 a 15,0°Brix) segundo Yamashita (1995) e a Parvin (7,7 a 15,1°Brix) relatado por Ramos (1994) ou mais elevado como a Tommy Atkins (8,2 a 17,4°Brix) constatado por Salles e Tavares (1999).

2.6.2 Acidez total titulável e pH

Os dois métodos mais comumente usados para medir a acidez de frutos são a acidez total titulável (ATT) e o potencial hidrogeniônico (pH), sendo que o primeiro representa todos os grupamentos ácidos encontrados (ácidos orgânicos livres, na forma de sais e compostos

fenólicos), enquanto que o segundo determina a concentração hidrogeniônica da solução (KRAMER, 1973).

De acordo com Hulme (1974), o conteúdo de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento na maioria dos frutos tropicais, devido a utilização desses ácidos no ciclo de Krebs, durante o processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Embora algumas cultivares apresentem teor de acidez mais elevado, como por exemplo, a cv. Alphonso, com aproximadamente 3% de ATT, outras, tais como a cv. Tommy Atkins apresentam média acidez (0,5 a 1,0%), onde o ácido orgânico predominante é o ácido cítrico, seguido pelo málico e pelo oxálico (LAKSHMINARAYANA, 1980), por outro lado, a cv. Parvin tem baixa acidez (0,09 a 0,66%), conforme Ramos (1994).

Quando a maturação é normal e o fruto sadio, o ácido predominante (ácido cítrico) praticamente desaparece, sendo a acidez remanescente devida aos fenólicos ácidos como o ácido quínico, ácido clorogênico e ácido neoclorogênico (LIMA, 1997).

Em geral, o sabor ácido está associado, principalmente, ao íon hidrogênio e ao grau de dissociação. Ácidos fortes (completamente dissociados) apresentam maior acidez do que soluções de um ácido fraco de normalidade equivalente. Neste sentido, o ácido cítrico tem se destacado por sua alta acidez relativa (PANGBORN, 1963).

Durante o amadurecimento há diminuição da acidez e conseqüentemente aumento do pH (MATTOO et al. 1975). A manga é considerada um fruto ácido com a maioria das cultivares apresentando valores de pH abaixo de 6,0. Dependendo da cultivar e do estádio de maturação do fruto, algumas cultivares de manga apresentam teores mais baixos como em Tommy Atkins (3,5 a 3,7) conforme Lucena et al. (2000), médios como em Carabao (3,7 a 4,7) segundo Morga et al. (1979) ou mais elevado como em Bocado (3,2 a 6,0) de acordo com Castrillo e Bermudez (1992).

2.6.3 Relação SST/ATT

De acordo com Bleinroth (1992), os sólidos solúveis totais (SST) têm tendência de aumento com o avanço da maturação, enquanto a acidez total titulável (ATT) diminui com o amadurecimento, sendo assim, a relação SST/ATT é diretamente proporcional aos SST e inversamente proporcional a ATT.

Em muitas frutas, o equivalente entre os ácidos orgânicos e os açúcares é utilizado como critério de avaliação do "flavor". Contudo, como são alguns constituintes voláteis, essa relação é mais indicativa do sabor, porque se utiliza a ATT e não a acidez total (AT), quando se estabelece essa relação. Além disso, alguns produtos insípidos, contendo ATT e SST muito baixos, apresentam relação elevada entre esses componentes, o que pode conduzir a interpretações errôneas da qualidade comestível. Por essa razão, são estabelecidos teores mínimos de SST e máximos de ATT para alguns frutos, visando à obtenção de um sabor aceitável. Por exemplo, testes de análise sensorial em laranjas e tangerinas demonstraram que a relação SST/ATT deve ser de 10:1 e 9:1, respectivamente, desde que o teor de SST seja igual a 9%. Se, no entanto, o teor de SST for inferior ao mínimo, é necessária uma relação mais elevada, para obtenção de um sabor aceitável. A relação aumenta com o amadurecimento devido ao decréscimo na ATT, fato que permite uma relação elevada, em frutas contendo baixo teor de SST. Do mesmo modo, se o teor de SST for superior a 9%, pode apresentar uma relação menor que 10:1, ou seja: laranjas com 11% de SST podem apresentar relação 9:1, adequada ao paladar do consumidor. A relação SST/ATT é mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois essa relação dá uma boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Para manga, segundo Medlicott e Reynolds (1988), o teor mínimo de SST varia de 7 a 8ºBrix e o teor máximo de ATT varia de 0,65 a 0,70% de ácido cítrico, resultando numa relação SST/ATT de 10,00 a 12,30.

Lucena et al. (2000) trabalhando com manga cv. Tommy Atkins nos estádios 2, 3 e 4, obtiveram respectivamente as seguintes relações SST/ATT: 9,20, 16,98 e 20,28.

2.6.4 Carboidratos

A reserva de carbono mais importante nas plantas é o amido (KAYS, 1991; MARTIN e SMITH, 1995). Ele consiste de diferentes polímeros de glicose arranjados numa estrutura cristalina tridimensional. Sua biossíntese envolve tanto a produção de glucanas quanto o seu arranjo no grânulo de amido (MARTIN e SMITH, 1995).

Conforme Dennis e Blakeley (2000) o amido é composto de dois polissacarídeos, a amilose com longas cadeias não ramificadas de unidades de glicose com ligações $\alpha(1\rightarrow4)$ e a amilopectina, a qual é ramificada por ligações $\alpha(1\rightarrow6)$. Pontos de ramificação na

amilopectina são separados por uma média de 20-30 resíduos de glicose. A estrutura da amilose é uma espiral helicoidal e a da amilopectina é uma rede ramificada, embora ambas possuam um final redutor e outro não redutor.

De acordo com Evangelista (1999), o amido que se acumula durante o crescimento do fruto é rapidamente degradado durante o amadurecimento, uma vez que, esta diminuição é evidente no cloroplasto, onde os grânulos de amido tornam-se menores e praticamente desaparecem no fruto maduro. Em muitos frutos, a degradação do amido é um evento característico do amadurecimento (JOHN e DEY, 1986; TUCKER, 1993), que promove a palatabilidade (KAYS, 1991).

A velocidade e a extensão da degradação do amido durante a maturação variam entre frutos de diferentes espécies (KAYS, 1991) e pode ocorrer através de duas vias: uma hidrolítica e outra fosforolítica. A hidrolítica envolve a ação das enzimas α-amilase, β-amilase, enzima desramificadora e α-glicosidase e a fosforolítica a atividade da enzima fosforilase do amido (TAIZ e ZEIGER, 2004). A ação cooperativa destas enzimas resulta na dissolução do amido armazenado, que forma, num primeiro momento, oligossacarídeos e, em seguida, maltose, glicose ou glicose-1-fosfato (IRVING et al, 1999). Estes produtos podem ser utilizados na respiração, participando de reações da glicólise, ou na síntese de sacarose (TUCKER, 1993).

Rocha et al. (2001), trabalhando com a cv. Tommy Atkins, verificou o maior conteúdo de amido (6,81%), por ocasião da colheita no estádio de maturação 1, polpa branca, e o menor (3,04%), no estádio 5, polpa laranja. Ainda foi constatado, nesse trabalho, que existe uma forte correlação entre o índice de degradação de amido, determinado através de teste com solução de iodo, e a coloração da casca e da polpa, indicando que quanto mais verde a casca e quanto mais branca a polpa, maior a área do fruto tingida por solução de iodo, pois no estádio 1 de maturação foi observada uma área inferior a 10% sem tingir, enquanto, no estádio 5, essa área foi superior a 50%. Neste mesmo sentido, Lucena et al. (2000) também trabalhando com essa cultivar colhida nos estádios 2, 3 e 4 de maturação verificaram conteúdos de 8,50; 7,79 e 7,52% de amido, respectivamente, portanto, decrescente com o avanço da maturação.

O avanço da maturação promove um aumento no conteúdo de açúcares, atribuído principalmente, à hidrólise de carboidratos de reserva acumulados durante o crescimento do fruto na planta, resultando na produção de açúcares solúveis totais (AST) (KAYS, 1991; SIGRIST, 1992; WILLS et al. 1998).

Os AST além de terem uma grande participação na composição do *flavor*, são utilizados como substratos respiratórios, mas encontram-se nos frutos em quantidades muito superiores àquelas necessárias à geração de energia (TUCKER, 1993).

Os principais AST presentes nos frutos são a frutose, a glicose e a sacarose. O dissacarídeo sacarose é o principal açúcar não-redutor enquanto glicose e frutose constituem os principais açúcares redutores, havendo, na maioria dos frutos, predomínio do primeiro. Durante o crescimento e a maturação, os teores de açúcares redutores aumentam tanto em frutos climatéricos quanto nos não-climatéricos (WHITING, 1970).

O conteúdo de açúcares em mangas variam em função da cultivar, condições nutricionais do solo, condições climáticas, estádio de maturação e temperatura de armazenamento. Durante o amadurecimento, os teores de glicose e frutose variam, enquanto que o de sacarose aumenta de três a quatro vezes, sendo, portanto, o principal açúcar contribuinte para a doçura da manga (LAKSHMINARAYANA, 1980).

A proporção entre os diferentes tipos de açúcares é um importante atributo de qualidade uma vez que diferem em grau de doçura, sendo assim, a frutose possui grau de doçura maior que a sacarose e esta por sua vez maior que a glicose (PANGBORN, 1963).

Os AST constituem 91% dos sólidos solúveis totais do mesocarpo de mangas 'Ngowe' (BRINSON et al. 1988). Já, Bissoli Júnior (1992) com a cv. Tommy Atkins observou uma redução gradual nos teores de glicose e frutose e aumento contínuo no de sacarose durante a maturação e Evangelista (1999) com esta mesma cultivar constatou que os níveis de sacarose aumentaram de 1,57 para 6,59% durante o período de 35 dias de armazenamento refrigerado.

2.6.5 Nitrogênio total, não protéico e protéico

As proteínas e outros compostos nitrogenados são decompostos na presença do ácido sulfúrico concentrado à quente produzindo sulfato de amônio. O sulfato de potássio ou de sódio é adicionado, a fim de aumentar o ponto de ebulição do ácido sulfúrico, apressando a digestão. Outros compostos como sulfato de cobre e selênio também ajudam a digestão da matéria orgânica. O sulfato de amônio resultante, na presença da solução concentrada de hidróxido de sódio, libera NH_3 que é recebido na solução de ácido bórico. A amônia, na solução de ácido bórico, é titulada com ácido sulfúrico ou clorídrico de título conhecido e,

assim, determina-se o teor de nitrogênio da amostra. Para o cálculo da proteína bruta, basta multiplicar o resultado pelo fator 6,25 (SILVA, 1990).

O termo proteína bruta envolve um grande grupo de substâncias com estruturas semelhantes, porém com funções fisiológicas muito diferentes. Baseado no fato das proteínas terem porcentagem de nitrogênio quase constante, em torno de 16%, o que se faz é determinar o nitrogênio e, por meio de um fator de conversão, transformar o resultado em proteína bruta. No método de Kjeldahl (AOAC, 1995), que é o mais usado, determina-se o nitrogênio contido na matéria orgânica, incluindo o nitrogênio protéico propriamente dito, ou seja, sob a forma de proteínas verdadeiras e outros compostos nitrogenados não protéicos, tais como: aminas, amidas, lecitinas, nitrilas e aminoácidos livres. Isto é, todo o nitrogênio do alimento, com exceção dos nitratos e nitritos, por isso chama-se proteína bruta (ISLABÃO, 1985; SILVA, 1990).

Quando se quer determinar os nitratos e nitritos, tem-se que reduzi-los com redutores mais fortes, e depois seguir algum método específico para aqueles compostos (NELSON et al., 1954; WOOLLEY, et al., 1960).

Quando se quer determinar o nitrogênio contido na amostra, que se apresenta em forma de proteína verdadeira, isto é, o nitrogênio protéico, faz-se a precipitação da proteína com reagentes específicos como: ácido wolfrâmico, cloreto de estanho II ou mistura de $CuSO_4$ a 6% + NaOH 1,25%. A proteína precipitada é então separada por filtração. Normalmente, faz-se a determinação do nitrogênio não protéico no filtrado, determinando-se, indiretamente, a proteína verdadeira (RENA e MASCIOTTI, 1976).

Quando se quer estudar a natureza de uma proteína, tem-se que decompô-la por meio de hidrólise em seus aminoácidos componentes e depois determinar os aminoácidos por cromatografia (ISLABÃO, 1985).

A maior parte do nitrogênio na planta está em forma de aminoácidos, formando proteína, a qual é parte do protoplasma. Análises de gramíneas e leguminosas mostram que a proporção de nitrogênio-amínico varia de 52 a 83% do nitrogênio total, sendo que os valores maiores foram obtidos em leguminosas. A proporção do nitrogênio total, que está presente na forma de nitrogênio não protéico, varia de 23 a 30%. Deste nitrogênio não protéico, cerca de 47 a 64% está na forma de peptídeos e aminoácidos livres. Nitrogênio não protéico, bem como os outros compostos nitrogenados da planta, varia com o estádio de crescimento, nível de fertilização e cultivar (SILVA, 1990).

As proteínas e aminoácidos livres são constituintes menores de frutos e, como é bem conhecido, não desempenham nenhum papel na determinação da qualidade comestível.

Mudanças nos constituintes nitrogenados indicam, contudo, variações na atividade metabólica durante diferentes fases do crescimento. Durante a fase climatérica de muitos frutos, existe uma redução nos aminoácidos livres que geralmente reflete um incremento na síntese protéica. Durante a senescência, o nível de aminoácidos livres aumenta refletindo uma degradação de enzimas e redução da atividade metabólica (BOAS, 1999).

Conforme Chitarra e Chitarra (2005) há um número considerável de evidências do envolvimento da síntese protéica (síntese "de novo" de enzimas) no climatério dos frutos, no qual ocorre aumento na proporção do nitrogênio protéico em relação ao nitrogênio total.

De acordo com Gortner et al. (1967), avaliando as transformações que ocorrem no ciclo vital do abacaxi, constataram que o nitrogênio não protéico da casca diminui continuamente da pré-maturação até a senescência, enquanto o da polpa diminui até a pré-maturação, mas aumenta da maturação até a senescência.

Lakshminarayana et al. (1970), estudando alguns aspectos do desenvolvimento fisiológico da manga, constataram uma redução continua nos teores de nitrogênio total da casca e do fruto completo durante o seu desenvolvimento, no entanto, na polpa, reduziu inicialmente, depois aumentou e no final reduziu.

2.6.6 Vitamina C

A vitamina C desempenha um papel crucial na nutrição humana na prevenção do escorbuto. Virtualmente, toda a vitamina C da dieta do homem é obtida a partir dos frutos e hortaliças. O requerimento diário do homem com relação à vitamina C é de cerca de 50 mg e muitos frutos contêm esta quantidade em menos que 100 g de tecido (BOAS, 1999).

O teor de vitamina C tende a diminuir com a maturação e com o armazenamento de muitas hortícolas, devido à atuação da enzima ácido ascórbico oxidase (ascorbinase), ou pela ação de enzimas oxidantes como a peroxidase. Essa vitamina encontra-se em tecidos vegetais na forma reduzida como ácido ascórbico (AA), ou na forma oxidada, como ácido deidroascórbico (DHA), ambos com atividade vitamínica. No entanto, a degradação do DHA para ácido 2,3-dicetogulônico leva à perda da atividade biológica e esse, através de outras reações químicas, produz pigmentos escuros que depreciam a aparência do produto. A vitamina C é um excelente antioxidante e atua nas reações redox como transportador de

elétrons para a cadeia respiratória, bem como, regenerando diferentes substratos de sua forma oxidada para a forma reduzida (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os frutos constituem a fonte natural mais importante de vitamina C para o ser humano, e os que se destacam pelo conteúdo dessa vitamina são: caju, mamão, goiaba, frutos cítricos, morango, manga, caqui, kiwi, maracujá e tomate (AWAD, 1993).

Embora a vitamina C seja considerada como um dos componentes nutricionais mais importantes nas frutas, o seu teor em geral não ultrapassa o valor de 300 mg/100 g da massa fresca da polpa. No entanto, alguns produtos são fontes excepcionais como a acerola (1.000 a 1.800 mg/100 g da massa fresca da polpa), a goiaba e o caju (200 a 300 mg/100 g da massa fresca da polpa). As frutas cítricas, embora não contenham teores elevados (entre 40 e 80 mg/100 g da massa fresca da polpa), são consideradas como boas fontes de vitamina C pelo alto consumo diário (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Neste mesmo sentido, de acordo com Franco (2003), a manga comum madura possui 43 mg/100 g da massa fresca da polpa, por outro lado, Wills et al. (1998) afirmam que possui apenas 30 mg/100 g da massa fresca da polpa.

A vitamina C é acumulada durante o desenvolvimento das frutas na planta. Após a colheita, o acúmulo é menor ou decresce em alguns produtos como em maçã e manga. Portanto, quanto mais precoce a colheita, menor o seu teor no produto. Frutas cítricas imaturas contêm concentração mais elevada de vitamina C que os maduros, mas, a concentração por fruta tende a aumentar, pelo aumento do volume total de suco e do tamanho da fruta, com o avanço da maturação na planta (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

De acordo com Lakshminarayana et al. (1970) trabalhando com manga, os teores de vitamina C da polpa e do fruto completo diminuem com o avanço da maturidade e os da casca aumentam. Porém, conforme Thomas e Oke (1980) 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, como pôde ser constatado pelas altas porcentagens de retenção na casca.

2.6.7 Clorofila total

Três tipos principais de pigmentos ocorrem nos produtos vegetais: clorofila, carotenóides e antocianinas. Portanto, a coloração das frutas e das hortaliças é resultante dos

pigmentos clorofila e carotenóides presentes nos cloroplastos e nos cromoplastos, bem como dos pigmentos fenólicos (antocianinas, flavonóis e proantocianinas) presentes nos vacúolos. As betalaínas formam um quarto grupo de pigmentos, presentes nos vacúolos e no citosol, mas são restritas a alguns produtos como, por exemplo, à beterraba. Têm importante papel na aceitação do produto pelo consumidor (CHITARRA, 2000; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A cor verde dos frutos se deve à presença das clorofilas a e b. A molécula de clorofila possui duas partes: a primeira é uma estrutura de anel tipo porfirina, contendo Mg^{2+} no centro, e a segunda, uma longa cauda de hidrocarbonetos hidrofóbicos denominada fitol. A perda da cor verde resulta da quebra da estrutura de clorofila, causada principalmente pelas mudanças de pH, resultantes da presença de ácidos orgânicos provenientes do vacúolo, pela presença de sistemas oxidantes, pela atividade de clorofilases, que separam o fitol da porfirina na molécula de clorofila e da ação das enzimas lipoxigenase e peroxidase, as quais parecem estar indiretamente ligadas ao processo de degradação da clorofila. A ação desses fatores acaba desorganizando a estrutura interna do cloroplasto (AWAD, 1993; TAIZ e ZEIGER, 2004; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As clorofilas são encontradas nos cloroplastos, têm coloração que varia de azul-esverdeado ao verde-amarelado e são os pigmentos predominantes no reino vegetal. São receptores da luz durante a fotossíntese. As clorofilas a e b são encontradas nas plantas verdes na proporção aproximada de 3:1 e diferem na substituição do C-3. Durante a maturação dos frutos, os cromoplastos e suas membranas tilacoidais desintegram-se, ocorrendo uma rápida degradação da clorofila, com perda da coloração verde dos tecidos, tornando visíveis pigmentos pré-existentes e/ou síntese de novos pigmentos responsáveis pela coloração característica de cada espécie, ou de cada cultivar (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A perda da cor verde é utilizada como indicativo ou guia da maturidade. O verde intenso no fruto jovem muda gradualmente, perdendo a intensidade até tornar-se verde claro. Em muitas frutas, há perda completa do verde, surgindo então os pigmentos amarelos, vermelhos ou púrpuros. Embora essas transformações de coloração sejam utilizadas como guia da maturidade, não são inteiramente confiáveis, porque sofrem a influência de inúmeros fatores. A exposição à luz solar, por exemplo, pode induzir o desenvolvimento de cor mais rapidamente em algumas frutas que em outras, na mesma planta, embora ambas possam ter a mesma época de formação (AWAD, 1993; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Conforme Medlicott et al. (1986) durante a maturação da manga, a cor da casca muda gradualmente de verde para vermelho-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 cv. Tommy Atkins observa-se uma rápida destruição de clorofila, sendo a clorofila a preferencialmente degradada em relação à clorofila b.

De acordo com Mena et al. (1996), ao avaliarem durante 10 dias após a colheita (DAC) a maturação em frutos de manga cv. Manila armazenadas a temperatura de comercialização, o teor de clorofila total variou de 4 mg/100 g da massa fresca da casca aos 2 DAC para 1 mg/100 g da massa fresca da casca aos 10 DAC.

2.6.8 Carotenóides totais

Ao mesmo tempo que desaparece a cor verde, podem ser revelados ou sintetizados pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos, que pertencem ao grupo dos carotenóides. Tais compostos possuem quarenta átomos de carbono e a presença ou não de átomos de oxigênio na sua estrutura. Os carotenóides são muito estáveis e permanecem nos tecidos durante a senescência. Os de cor amarela são bastante comuns e sua presença é um sinal geral por meio do qual o consumidor julga a maturidade e a qualidade de muitos frutos (AWAD, 1993).

Os pigmentos carotenóides localizam-se nos cromoplastos e também nos cloroplastos associados com a clorofila. Tem como funções a proteção da clorofila e do aparelho fotossintético contra a fotodegradação, bem como a absorção de luz em comprimento de onda diferente do da clorofila, aumentando o potencial energético do sistema. São compostos terpenóides formados por oito unidades de isopreno divididos em dois subgrupos: os carotenos e seus derivados oxigenados – as xantofilas. São insolúveis em água e, usualmente, diferentes compostos encontram-se nos tecidos vegetais em pequenas proporções, resultando na gama de coloração característica de cada espécie e/ou cultivar. A coloração vermelha pode ser decorrente de compostos diferentes, como é o caso do pimentão vermelho (que contém capsantina/capsorubina) e do tomate (licopeno) (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O sistema de duplas ligações conjugadas dos carotenóides serve como cromóforo pela sua habilidade de absorver luz na região visível e pelo seu poder corante. A cor intensifica-se com o aumento do número de duplas ligações conjugadas na molécula. Por exemplo, o licopeno contém 11 duplas ligações conjugadas, já o fitoflueno e o fitoeno, com cinco e três duplas ligações conjugadas, respectivamente, são incolores. Do mesmo modo, a ciclização

nos terminais da molécula também tem relação com a coloração, por colocar as duplas ligações de dentro dos anéis em plano diferente daquelas da cadeia poliênica. Assim sendo, o γ-caroteno é laranja-avermelhado, ao passo que o β-caroteno é laranja (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Alguns frutos são também uma boa fonte de β-caroteno (pró-vitamina A), que será transformado no organismo humano em vitamina A (retinol). Os frutos que se destacam pelo teor de β-caroteno são: goiaba, manga, caqui, mamão, pêssego, damasco, melão, maracujá e tomate (AWAD, 1993).

Também, na maturação, a biodegradação dos carotenóides resulta na formação de alguns compostos voláteis, que podem contribuir para o aroma e o sabor típico de cada espécie e/ou cultivar (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A diminuição na quantidade de clorofila e o aumento na concentração de carotenóides podem, em certos casos (tomate), resultar da transformação de cloroplastos em cromoplastos. Mesmo quando a síntese de clorofila é impedida na ausência da luz, os frutos de tomate formam cromoplastos e sintetizam carotenóides. Nos frutos cítricos e na banana, a síntese de carotenóides ocorre durante o desenvolvimento do fruto e bem antes do desaparecimento da clorofila. Nesse caso, a destruição da clorofila revela a presença dos carotenóides. Os cromoplastos podem também se desenvolver a partir de amiloplastos. A síntese de carotenóides pode estar em certos casos (tomate) sob o controle do fitocromo. Nessa hipótese, a luz vermelha (600 a 700 nm) induz a síntese de licopeno, enquanto a luz vermelha longa inibe a síntese desse pigmento. Apesar da grande variabilidade de carotenóides nos frutos, os mais importantes são o β-caroteno e o licopeno (AWAD, 1993).

Em tomates, há uma intensa degradação de clorofila durante o amadurecimento, com síntese gradual do licopeno. Em banana, a degradação da clorofila é o principal evento, ao passo que a síntese de outros pigmentos é realizada em níveis relativamente baixos. De modo oposto, em algumas cultivares de maçã, as modificações na cor da casca são devidas, preferencialmente, à síntese de carotenos e de antocianinas do que a uma grande degradação da clorofila (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A oxidação é a principal causa de degradação dos carotenóides e depende da disponibilidade de oxigênio, luz, calor, metais, enzimas e peróxidos, sendo reduzida pela presença de antioxidantes como a vitamina C (CHITARRA, 2000).

Segundo Medlicott et al. (1986), o teor de carotenóides em mangas da cv. Tommy Atkins é superior a 0,5 mg/ 100 g da massa fresca. Neste mesmo sentido, Salunke et al. (1991) identificaram cerca de dezeseis hidrocarbonetos e oxicarotenóides, sendo que o β-caroteno predomina no fruto totalmente maduro.

De acordo com Salunke e Desai (1984), os teores 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 distintas cultivares, pois constataram 0,9 mg/100 g da massa fresca da polpa para as cvs. Kent e Peddarasam, 5,7 mg/100 g da massa fresca da polpa para a cv. Pairi, 5,9 mg/100 g da massa fresca da polpa para a cv. Keitt, 8,3 mg/100 g da massa fresca da polpa para a cv. Alphonso, 9,2 mg/100 g da massa fresca da polpa para a cv. Irwin. Neste mesmo sentido, Medina, Valdique (1996) afirma que o ponto ótimo de colheita da manga é quando o teor de carotenóides totais atinge de 3 a 4 mg/100 g da massa fresca da polpa.

2.6.9 Fenólicos

Os compostos fenólicos são encontrados nas plantas em geral e particularmente notórios nos frutos (VAN BUREN, 1970). Sua distribuição não é uniforme entre as espécies e nem mesmo entre partes de uma mesma planta (WILLIAMS, 1957). Constituem uma das principais classes de metabólitos secundários, sendo derivados da via do chiquimato e do metabolismo dos fenilpropanóides e possuindo funções e estruturas diversas (ROBARDS et al., 1999).

As principais substâncias classificadas como fenólicos são: os ácidos cinâmicos e seus derivados, dos quais se destaca o ácido clorogênico; as flavanas; as antocianidinas e antocianinas; os flavonóis e suas formas glicosídicas; os polifenóis condensados, cujos precursores possivelmente sejam flavanas; e outros menos comuns, como flavonas, flavononas e isoflavonas (VAN BUREN, 1970). Deve-se destacar também os taninos, substâncias que podem formar pontes de hidrogênio entre grupos fenólicos e sítios receptores de moléculas de colágeno, de maneira a constituir uma estrutura razoavelmente estável (WHITE, 1957).

A nível subcelular, os fenólicos localizam-se principalmente nos vacúolos com pequenas quantidades no espaço livre e nenhuma no citoplasma. Em alguns casos, verifica-se acúmulo de fenólicos do tipo lignina e outras moléculas mais simples, como flavonóides e ésteres do ácido ferúlico, na parede celular (ROBARDS et al., 1999).

A adstringência dos frutos é, até certo limite, determinada pelos compostos fenólicos (WILLIAMS, 1957). E resulta da capacidade dos fenólicos de massa molar intermediária

(oligoméricos) formar complexos insolúveis com proteínas e mucopolissacarídeos da saliva, reduzindo sua ação lubrificante (GOLDSTEIN e SWAIN, 1963).

Nos frutos, os compostos fenólicos estão presentes em diferentes graus de polimerização e podem ser separados em frações, conforme suas solubilidades em solventes orgânicos puros ou diluídos, portanto, são divididos em três classes com base no número de anéis aromáticos (fenólicos) presentes. A fração solúvel em metanol absoluto contém compostos diméricos, são dicíclicos como os flavonóides que possuem dois anéis fenólicos, de baixa massa molar. A fração solúvel em metanol diluído contém os compostos com mais de dois anéis fenólicos (oligoméricos), com massa molar intermediária. A fração solúvel em água, os fenólicos poliméricos, são policíclicos ou polifenóis e contêm flavolanas que estão firmemente ligadas aos polissacarídeos da parede celular ou a outros polímeros, de massa molar superior às duas outras frações (GOLDSTEIN e SWAIN, 1963; FILGUEIRAS e CHITARRA, 1988; LIZADA, 1993).

Comparado a outros tecidos, os níveis de fenólicos nos frutos são relativamente baixos, mas podem ser significativos na determinação da qualidade (TUCKER, 1993). Durante a maturação, por exemplo, a adstringência diminui possivelmente por causa da menor solubilidade das flavanas altamente condensadas, presentes no meio e da sua ligação a outros componentes celulares (VAN BUREN, 1970). Segundo Aziz e Yusof (1994), o aumento nos teores de açúcares também contribui para a redução na adstringência.

Em mangas, predominam as formas mais simples (monoméricas), embora outras formas existam principalmente na fase pré-climatérica (PARK et al., 1980). Os compostos fenólicos de baixa massa molecular, incluindo os precursores de tanino são aparentemente muito pequenos para formar ligações cruzadas suficientemente efetivas, sendo, portanto, não adstringentes.

As mangas quando verdes são adstringentes e algumas cultivares apresentam teores de fenólicos na faixa de 18,0 a 20,0 mg/100 g da massa fresca da polpa. Estes valores diminuem com o avanço da maturação atingindo 6,0 a 4,0 mg/100 g da massa fresca da polpa (GOLDSTEIN e SWAIN, 1963; SELVARAJ e KUMAR, 1989).

Outra importante resposta dos fenólicos na pós-colheita é o escurecimento dos tecidos, em resposta a injúrias tais como cortes, amassaduras e a desordens fisiológicas. Quando o escurecimento ocorre, os constituintes fenólicos são oxidados por enzimas específicas, produzindo quinonas ou produtos semelhantes à quinonas, que polimerizam-se formando pigmentos marrons (LIMA, 1997).

2.6.10 Pectinas

A "American Chemical Society" definiu as substâncias pécticas como sendo compostas de: protopectina, ácido péctico, ácido pectínico e pectina. Esta classificação é realizada de acordo com a proporção de grupos carboxílicos das cadeias poligalacturônicas esterificadas por grupamentos metil-éster, com a presença de cadeias laterais glicosídicas e com a solubilidade (SAKAI et al., 1993).

A protopectina é a substância péctica que forma a matriz, insolúvel em água e presente nos tecidos de plantas que, por hidrólise parcial, fornecem pectina; a hidrólise mais completa produz ácido péctico, ácido galacturônico e álcool metílico. Grande quantidade de protopectina é encontrada nas frutas imaturas, porém, que já tenham atingido o seu pleno desenvolvimento, sendo esta, juntamente com os produtos da hidrólise, as substâncias pécticas das frutas verdes. No amadurecimento, a protopectina, pode ser hidrolisada enzimaticamente à pectina que, por sua vez, pode ser decomposta formando álcool metílico e ácido péctico, durante o amadurecimento excessivo ou apodrecimento da fruta. Portanto, a transformação de protopectina em pectina solúvel é uma das causas do amaciamento das frutas durante o amadurecimento (CETEC, 1985).

Os ácidos pectínicos e pécticos são constituídos principalmente por unidades de ácido galacturônico; os primeiros apresentam uma porção considerável dos radicais carboxílicos esterificados por grupamentos metil, ao passo que as carboxilas dos últimos são essencialmente livres de metila. Os sais derivados da neutralização desses ácidos por bases mono ou bivalentes são denominadas pectinato e pectato (SAKAI et al., 1993). Conforme Raven et al. (2001), sais de cálcio e magnésio do ácido péctico formam a maior parte da lamela média, uma camada de matéria intercelular que cimenta, unindo as paredes de células vegetais adjacentes.

Pectinas referem-se aos ácidos pectínicos solúveis em água, com teores variados de metilação e neutralização, apresentando ligações com cadeias laterais oligo ou polissacarídicas. São estas as substâncias próprias para a preparação de geléias. Quanto ao número de grupos metoxila presentes na molécula, as pectinas podem ser classificadas como de baixo teor de metoxilação, quando for inferior a 7%, ou seja, menos de 50% de esterificação e como de alto teor de metoxilação, quando superar os 7%, ou mais de 50% de esterificação. As pectinas de baixa metoxilação não são solúveis em água e não possuem

capacidade de formar gel, enquanto as de alta metoxilação são solúveis em água e capazes de formar gel (MAIA, 1997).

Uma parede celular primária consiste de duas, às vezes, de três camadas estruturalmente independentes, mas interagindo entre si. A estrutura fundamental de celulose e de glicanos de ligação cruzada fica embutida em uma segunda camada de polissacarídeos pécticos da matriz. Uma terceira camada independente consiste de proteínas estruturais, ou de uma camada de fenilpropanóides. As dicotiledôneas e monocotiledôneas não comelinóides possuem parede tipo I onde a estrutura xyloglucana-celulose está embutida em uma matriz de pectina, a qual desempenha muitas funções: determinando a porosidade da parede celular, fornecendo as cargas das superfícies que modulam o pH da parede e o balanço de íons; regulando a adesão célula-célula na lamela média; e servindo como moléculas de reconhecimento que alerta as células da planta para a presença de organismos simbiônticos, patogênicos e insetos (CARPITA e McCANN, 2000).

As pectinas formam uma fase gel hidratada na qual está implantada a rede celulose-hemicelulose. Elas atuam como preenchimento hidrofílico, impedindo a agregação e o colapso da rede de celulose. A parede primária é composta de aproximadamente 35% de pectinas na base de matéria seca. Como as hemiceluloses, as pectinas incluem vários tipos diferentes de polissacarídeos, caracteristicamente contendo açúcares ácidos, como ácido galacturônico, e açúcares neutros, tais com ramnose, galactose e arabinose. As pectinas são os mais solúveis dos polissacarídeos da parede, podendo ser extraídas com água quente ou com queladores de cálcio. Na parede, as pectinas podem ter uma estrutura primária simples, tal como o homogalacturonano e também podem ser grandes e complexas, compostas de tipos diferentes de polissacarídeos pécticos, assim como os ramnogalacturonanos I e II, que possuem cadeias laterais de arabinano e galactano. Nos géis pécticos, os grupos carboxila (COO^-) carregados de cadeias de pectinas vizinhas são ligados via Ca^{2+}, que forma um complexo firme com pectina (TAIZ e ZEIGER, 2004).

De acordo com Carpita e McCann (2000), enzimas específicas da parede celular podem estar envolvidas com mudanças na rede de pectina, restringindo as suas atividades a determinadas regiões da parede. Ao limitar a porosidade da parede, as pectinas podem afetar o crescimento celular, regulando o acesso das enzimas que afrouxam a parede nos substratos glicanos.

As hemiceluloses e as pectinas podem ser modificadas e quebradas por uma variedade de enzimas encontradas naturalmente na parede da célula. O processo tem sido estudado

detalhadamente em frutos em amadurecimento, cujo amaciamento é considerado resultado da desagregação da parede (ROSE e BENNETT, 1999).

A maioria dos frutos em que o pericarpo ou endocarpo amolece durante o amadurecimento desenvolve-se um engrossamento das paredes primárias que são notadamente enriquecidas com substâncias pécticas, como homogalacturonano e ramnogalacturonano I. A textura da polpa dos frutos é definida pelo grau de degradação da parede e perda da adesão celular. Por exemplo, a parede das células do córtex da maçã sofre poucas mudanças na rigidez e pouca separação celular, enquanto que as paredes celulares das células do pericarpo do pêssego e tomate amolecem consideravelmente através da expansão da parede e perda da adesão celular. Em tomate os lóculos que contêm as sementes se dissolvem completamente em um processo chamado de liquefação. As pectinas frequentemente constituem mais de 50% da parede celular das frutas (CARPITA e McCANN, 2000).

A determinação da pectina total é a soma das pectinas solúvel e insolúvel em álcool. Já a determinação da pectina insolúvel em álcool, fração chamada por Esteban et al., (1993) como sólidos insolúveis em álcool (SIA) deve ser realizada por extração seqüencial resultando em três classes distintas de substâncias pécticas, sugerida pelo método de Robertson (1979). O fracionamento envolve a extração por uma série de solventes: água (ácidos pectínicos ou pectinas de alta metoxilação); solução de oxalato de amônio (ácidos pécticos ou pectinas de baixa metoxilação) e solução de ácido clorídrico (protopectina ou pectina ligada covalentemente).

Kapse et al. (1988) verificaram, em seu trabalho, que o desenvolvimento do amaciamento estava relacionado com a degradação de substâncias pécticas, em mangas das cvs. Malda e Malgoa, sendo mais acelerado quando os frutos foram armazenados à temperatura ambiente (25 a 30°C), do que à baixa temperatura (10 ± 1°C), onde a taxa de conversão foi mais lenta. Lucena et al. (2001), ao estudarem técnicas de conservação pós-colheita da manga, cv. Tommy Atkins armazenada à temperatura ambiente e refrigerada, também constataram que os frutos armazenados sob refrigeração tiveram a maturação retardada.

2.7 Avaliações bioquímicas

2.7.1 Pectinametilesterase e poligalacturonase

As enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG), pertencentes ao grupo das hidrolases, são conhecidas como as enzimas pécticas importantes nos vegetais, pois podem ocasionar o excessivo amaciamento de frutas e hortaliças. A PME catalisa a remoção de grupos metoxílicos das moléculas de pectina e de ácido pectínico para formar ácido péctico. A PG ocasiona a quebra das ligações glicosídicas das substâncias pécticas para formar finalmente o ácido galacturônico (GAVA, 1984).

Duas poligalacturonases estão geralmente presentes: a endopoligalacturonase que ataca a molécula de pectina em vários sítios dentro da cadeia e a exopoligalacturonase que remove seqüencialmente os resíduos de ácido galacturônico a partir da extremidade da molécula. Das duas, a endopoligalacturonase é muito mais importante com relação às mudanças físicas na textura, embora, os seus níveis variem de acordo com a espécie e a cultivar. O processo de solubilização das pectinas contribui para o amaciamento dos tecidos em decorrência da redução da força de coesão entre as células (KAYS, 1991).

Durante o amaciamento de frutos, estes expressam níveis altos de PME, que hidrolisa os ésteres metílicos de pectinas. Essa hidrólise torna a pectina mais suscetível à hidrólise subseqüente por pectinases e enzimas afins, cuja presença, assim como a de enzimas afins na parede da célula, indica que as paredes são capazes de modificação significativa durante o desenvolvimento (TAIZ e ZEIGER, 2004).

O processo de amaciamento no tecido parenquimático do tomate está associado com a perda de metil ésteres do homogalacturonano, em conseqüência da atividade da PME, que remove os grupos metil éster dos resíduos do α–D-ácido galacturônico das cadeias de polissacarídeos pécticos. A cadeia de homogalacturonano desesterificado, neste caso, está susceptível a atividade da PG. A PG I com uma massa molecular de aproximadamente 100 kDa, consiste de PG II de 46 kDa complexada firmemente com uma subunidade β. A subunidade β é uma proteína rica em aminoácidos aromáticos. Acredita-se que ela atue como um componente âncora para a subunidade PG II sendo sintetizada precocemente no desenvolvimento do fruto. A subunidade β pode solubilizar pectinas da parede celular,

facilitando progressivamente hidrólises por PG II nas ligações glicosídicas dentro da cadeia de homogalacturonano não ramificado. Modificação de pectina dentro da parede durante o amadurecimento é um processo regulado com precisão, o resultado de tal mecanismo é a modificação do substrato, que restringe o acesso da enzima, ou a presença de enzimas inibidoras, como na inibição da atividade da PG II por produtos difusíveis da despolimerização de pectinas (CARPITA e McCANN, 2000).

Em manga, concomitante ao amaciamento, foi observado aumento na atividade das enzimas pectolíticas, poligalacturonase e pectinametilesterase (AINA e OLADUNJOYE, 1993); decréscimo na atividade da pectinametilesterase e aumento na atividade da poligalacturonase e celulase (ABU-SARRA e ABU-GOUKH, 1992); e decréscimo nos teores de açúcares neutros da parede celular (MITCHAM e McDONALD, 1992).

2.7.2 Polifenoloxidase e peroxidase

A polifenoloxidase (PPO) tem duas diferentes atividades catalíticas, ambas envolvendo o oxigênio. Elas são chamadas de atividades cresolásica e catecolásica. A cresolase está relacionada com a oxidação de fenóis monoidroxilados, como a tirosina, fenol ou ortocresol, para formar outro grupo hidroxílico. Os dois elétrons são fornecidos pelo cobre, sempre associado à enzima. A catecolase envolve a remoção de dois hidrogênios de fenóis diidroxilados, como o catecol ou diidrofenilalanina, para dar uma ortoquinona correspondente. As quinonas, por polimerização, produzem melanoidinas. Esta oxidase é responsável pelo escurecimento enzimático em muitos produtos (GAVA, 1984).

Usualmente, o escurecimento ocorre devido a ferimentos no produto durante as operações de colheita, armazenamento ou processamento. As quinonas resultantes da oxidação dos fenólicos apresentam coloração vermelha a marrom-avermelhada; no entanto, a sua polimerização subseqüente gera macromoléculas mais escuras. Assim, o escurecimento enzimático dos tecidos vegetais depende não só do tipo de substrato, concentração e localização, como também do tipo de polímero formado a partir da quinona. Cultivares com baixa atividade de PPO são desejáveis tanto para o consumo *in natura* como para o processamento. No entanto, produtos com elevada atividade dessa enzima podem apresentar maior resistência ao ataque de patógenos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As PPOs desempenham numerosas funções fisiológicas nas plantas, tais como: na regulação de potenciais de oxi-redução; em reações do metabolismo intermediário; na respiração; no funcionamento do fotossistema II da fotossíntese, uma vez que oxidam as quinonas reduzidas formadas no fotossistema I; na proteção contra patógenos e predadores; na cicatrização de ferimentos; na formação de pigmentos e na sinalização do amadurecimento dos frutos (WHITE, 1957; MAYER e HAREL, 1991; SILVA, E., 2000).

Em estudo com sete cultivares de manga (Alphonso, Banganapalli, Dasheri, Fazli, Langra, Suvarnarekha e Totapuri), em quatro estádios de maturação, foi observado um aumento da atividade das PPOs desde a maturidade fisiológica até o amadurecimento, seguido de um declínio da atividade em algumas cultivares (Banganapalli, Dasheri, Fazli e Langra) e um decréscimo a partir da maturidade fisiológica até alcançar o estádio de maturação comestível nas demais cultivares estudadas (SELVARAJ e KULMAR, 1989).

Já a peroxidase (POD) decompõe a água oxigenada e um substrato, tal como um fenol ou ácido ascórbico, produzindo hidróxido e água. Pelo fato de ser facilmente determinada e por ser uma das enzimas mais resistentes ao calor, a POD é utilizada como indicação da eficiência do "blanching", isto é, inativação de enzimas pelo calor, em muitos produtos (GAVA, 1984).

As isoenzimas de POD atuam sobre diferentes substratos, em reações, tais como: oxidação de fenólicos e carotenóides, degradação de auxinas, de clorofila e de ácido ascórbico, bem como na biossíntese da lignina. Portanto, a sua atividade relaciona-se com modificações nos atributos sensoriais (escurecimento, endurecimento, sabores estranhos) e no valor nutritivo (perda de atividade vitamínica do ácido ascórbico) dos produtos hortícolas. Tem função relacionada aos processos de desenvolvimento e de senescência nos tecidos. A sua atividade aumenta significativamente após a colheita, quando uma gama de compostos torna-se suscetível à sua ação. O aumento da atividade da POD também está associado com a biossíntese de compostos das paredes celulares em resposta a danos mecânicos nos tecidos, resistência a doenças e nos mecanismos de cura ou reparo de ferimento dos tecidos. Elevados níveis de POD também são associados com a deterioração oxidativa de muitas plantas ou de frutas que se encontram em estádio avançado de amadurecimento ou senescência (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Em manga, a atividade da POD aumenta nos primeiros estádios de amadurecimento, e depois permanece quase constante (ZAUBERMAN et al., 1988; MARIN e CANO, 1992).

Os níveis de fenóis também podem ser muito significativos na determinação da qualidade dos frutos (TUCKER, 1993). A grande maioria dos fenóis encontrado nos frutos

não têm características particulares de sabor quando testados a baixas concentrações na forma pura. Exceções a esta regra são a acidez associada aos ácidos fenólicos, a adstringência de flavanas condensadas e o amargor associado a alguns flavonóides de *citrus* (VAN BUREN, 1970). A perda de adstringência é um dos principais fatores que ocorrem durante o amadurecimento de muitos frutos e se deve à polimerização de oligômeros adstringentes que são convertidos em polímeros reativos insolúveis (GOLSTEIN e SWAIN, 1963). Portanto, neste sentido, a oxidação de fenóis pode resultar da atividade das polifenoloxidases, das peroxidases ou mesmo sem participação de enzimas (AWAD, 1993).

2.7.3 α- e β-Amilases

Amilases e fosforilases são enzimas que atuam sobre a ligação α(1→4) de polímeros da glicose como o amido e glicogênio, transformando-os em molécula de menor peso molecular. Entre as mais importantes temos a α-amilase, a β-amilase e a amido fosforilase. A α-amilase (enzima dextrinizante) ataca as ligações α(1→4) da amilose ao acaso, produzindo pequenas dextrinas limite, oligossacarídeos, maltose e glicose. Ao contrário, a β-amilase (enzima sacarificante) ataca apenas a penúltima ligação, hidrolisando o amido e fornecendo maltose. A amido fosforilase hidrolisa a ligação terminal α(1→4) para formar glicose-1-fosfato. Em todos os casos, as enzimas são ativas somente em cadeias glicolíticas de amilose e amilopectina encontradas no amido. Elas não degradam as ligações α(1→6) encontradas na amilopectina do amido. Como conseqüência da atividade destas enzimas no amido, por exemplo, tem-se uma diminuição da viscosidade (por causa do rompimento da cadeia do polissacarídeo), perda na capacidade do iodo em dar uma coloração azul e no aparecimento de grupos redutores (GAVA, 1984; AWAD, 1993; TUCKER, 1993).

A α-amilase pode ser responsável por 80% da atividade amilolítica no fruto, portanto, as atividades β-amilásica e da fosforilase, são bem menores. Na manga ocorre um aumento na atividade amilásica e na hidrólise do amido durante a maturação, pois este é o principal carboidrato presente no fruto imaturo (AWAD, 1993).

Tandon e Kalra (1983) trabalhando com mangas 'Dashehari', verificaram que a atividade amilásica aumentou durante o crescimento do fruto, decrescendo quando amadureceu, constatando assim que provavelmente o decréscimo está associado à redução no conteúdo de amido que ocorreu nos últimos estádios de desenvolvimento.

2.7.4 α- e β-Galactosidases de citosol e de parede celular

Conforme Awad (1993), a β-galactosidase (β-GAL) é uma enzima presente durante a maturação e o amaciamento de alguns frutos. Ela libera resíduos de galactose da parede celular da maçã, do tomate, do morango e da pêra. O significado dessa hidrólise no amaciamento dos frutos não está bem esclarecido. Outra enzima que também libera resíduos solúveis da parede celular durante a maturação e o amaciamento dos frutos é a α-galactosidase (α-GAL).

A α- e β-GAL promovem a remoção de galactose na estrutura básica de galactanos e em cadeias laterais de ramnogalacturonanos I e II, atuando como pectinases, bem como, em cadeias laterais de xiloglucanos, atuando agora como hemicelulases (TAIZ e ZEIGER, 2004; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Várias glicosidases também ocorrem nas paredes e algumas aumentam com o amadurecimento (BRADY, 1987). Ali et al. (1995) registraram as atividades de várias enzimas deste grupo durante o amadurecimento de manga cv. Harumanis: β-D-glicosidase, α-L-arabinosidase, α-D-manosidase, α-D-galactosidase e β-D-galactosidase, sendo a última a predominante. β-galactosidase, α-galactosidase, α-glicosidase e β-glicosidase também têm alta atividade em laranja 'Valencia' (BURNS, 1990). Em melancia, destaca-se a atividade da α-galactosidase (ITOH et al., 1986). E em maçã, a α-L-arabinofuranosidase pode participar da perda de resíduos de arabinosil dos poliuronídeos da parede celular (YOSHIOKA et al., 1995).

2.7.5 Proteínas de citosol e de parede celular

As proteínas estão entre as mais abundantes moléculas orgânicas. Na maioria dos organismos vivos, as proteínas perfazem 50% ou mais da massa seca. Apenas as plantas, com o seu alto conteúdo de celulose, têm menos do que 50% de proteína (glicoproteínas e enzimas). Em sua estrutura, contudo, as proteínas seguem sempre o mesmo esquema: todas são polímeros de moléculas contendo nitrogênio, conhecidas como aminoácidos, arranjadas em uma seqüência linear (RAVEN et al., 2001).

Embora a constituição estrutural da parede celular seja principalmente composta de carboidratos, cadeias de proteínas estruturais também são formadas na parede. Existem quatro grandes classes de proteínas estruturais: glicoproteínas ricas em hidroxiprolina (HRGPs), proteínas ricas em prolina (PRPs), proteínas ricas em glicina (GRPs) e proteínas arabinogalactanas (AGPs). As três primeiras são conhecidas pela riqueza em certos aminoácidos, enquanto a última é denominada de proteoglicanas, pois possui mais de 95% de carboidratos. A extensina, codificada por uma família multigênica, é uma das mais bem estudadas HRGPs nas plantas (CARPITA e McCANN, 2000). As glicoproteínas que são componentes da matriz compreendem cerca de 10% da massa seca de muitas paredes primárias (RAVEN et al., 2001).

A extensina é uma glicoproteína rica em hidroxiprolina com função de reforço e proteção, ou seja, proteção do ferimento contra a dessecação, reforço da arquitetura celular e resistência às doenças. Uma importante característica da extensina é a sua insolubilidade na parede celular. Na forma monomérica solúvel, pode ser insolubilizada na parede celular por meio de ligações cruzadas dos monômeros pela ação de peroxidases ligadas às paredes, sendo um importante componente na formação de barreiras estruturais nos tecidos feridos. Essas enzimas podem gerar ligações cruzadas nos polímeros das paredes celulares por meio da formação de ligações bifenil, tais como as do acoplamento de resíduos de tirosina na extensina (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O teor protéico de frutas, hortaliças (1 a 2%) e legumes (5%) é baixo e, portanto, não é nutricionalmente significativo, mas tem papel funcional, atuando nos mecanismos metabólicos como enzimas, compondo a estrutura das paredes celulares ou como parte de macromoléculas como glicoproteínas, lipoproteínas, com diferentes funções no vegetal. Entretanto, o consumo intenso de frutos como a banana, abacate e manga, com teores de proteína entre 1 a 2%, pode contribuir modestamente para a satisfação das necessidades protéicas do indivíduo (AWAD, 1993; BOAS, 1999; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido na Fazenda Fruit Fort Agrícola Exportação Ltda e no Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Semi-Árido, situados no município de Petrolina, PE, durante o período de Fevereiro/2004 a Fevereiro/2005, bem como, nos Laboratórios de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical e de Fisiologia Vegetal do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, da Universidade Federal do Ceará - UFC, em Fortaleza, CE, durante o período de Dezembro de 2004 a Janeiro de 2006.

3.1 Localização, caracterização edáfica, climática e manejo da área de cultivo

O clima da região é do tipo BSwh', segundo a classificação de Köeppen, que corresponde a uma região quente e semi-árida. A área de plantio apresenta as seguintes características: latitude 9º22'S, longitude 40º33'W, altitude 388 m, temperatura média 26,05ºC, com médias máximas de 32,03ºC e médias mínimas de 20,38ºC, umidade média mensal é de 66,25%, radiação solar global média de 20,94 MJ/m^2/dia, a velocidade média dos ventos é de 2,05 m/s com direções E e S e precipitação pluvial média anual é de 535,53 mm; o solo é classificado como latossolo vermelho amarelo-LV (EMBRAPA, 2006).

Nas FIGURAS 1 e 2 encontram-se as características climáticas médias ou totais referentes ao ano que antecedeu as colheitas, de acordo com os dados fornecidos pelo Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropico Semi-árido – Embrapa. Os dados foram coletados a partir da Estação Meteorológica Automatizada na Fazenda Fruit Fort Agrícola Exportação Ltda.

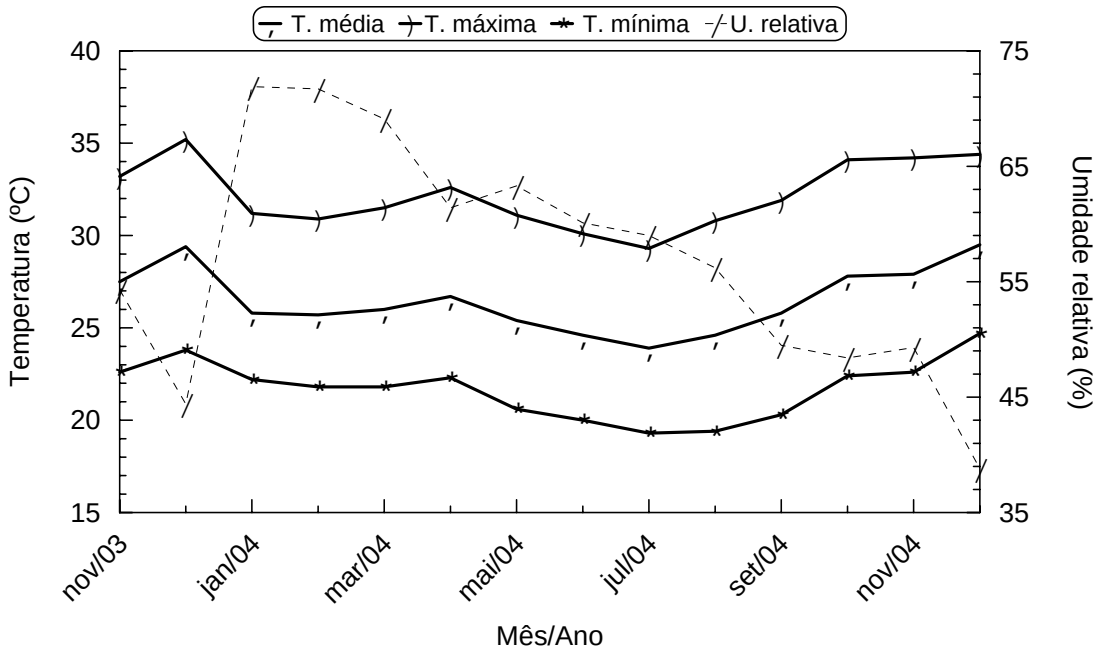

FIGURA 1 – Temperaturas e umidade relativa do ar na região de Petrolina – PE durante o ano que antecedeu as colheitas (outubro a dezembro/04) das mangas 'Tommy Atkins'.

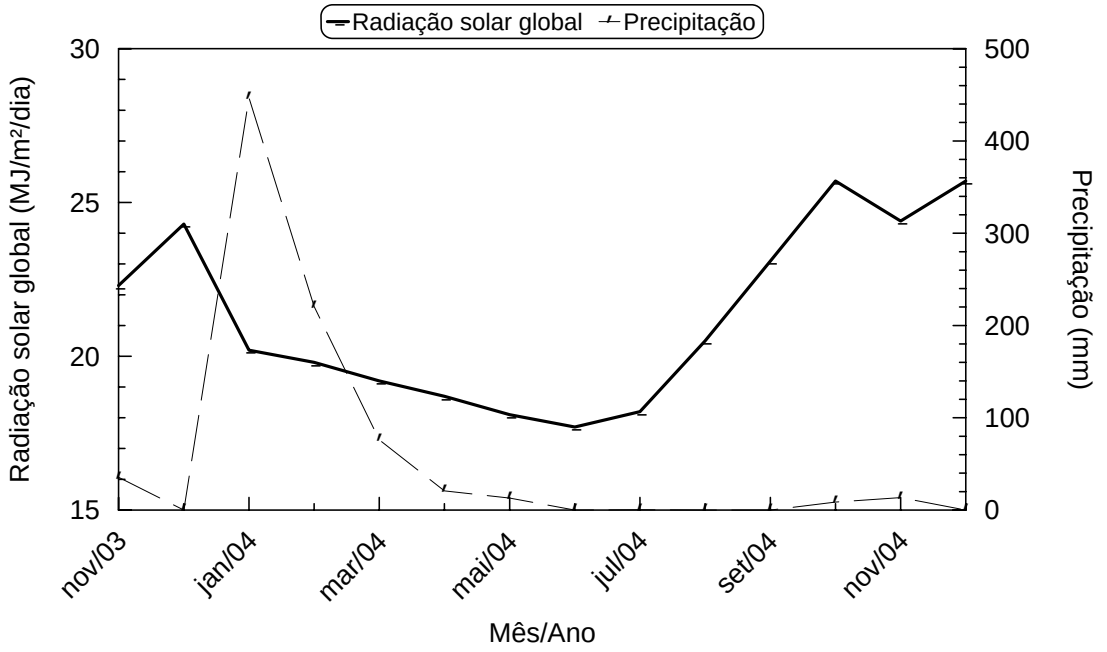

FIGURA 2 – Radiação solar global e precipitação pluviométrica na região de Petrolina – PE durante o ano que antecedeu as colheitas (outubro a dezembro/04) das mangas 'Tommy Atkins'.

No início do ciclo, em Novembro de 2003, foram feitas análises de fertilidade do solo da rizosfera e foliar das mangueiras. Os resultados destas análises encontram-se listadas na TABELA 1. De posse dos resultados das análises, foram incorporados na adubação nitrogênio (nitrato de cálcio-418,3 g/planta e uréia-0,53 g/planta), fósforo (MAP-571,15 g/planta, ácido fosfórico-0,061 g/planta e nutriox P30-9,47 mL/planta) e potássio (cloreto de potássio-0,61 g/planta, sulfato de potássio-682 g/planta e nitrato de potássio-1.067 g/planta). O magnésio foi incorporado na forma de sulfato de magnésio (228,03 g/planta). Os micronutrientes (Zn, Fe, B e Mn) também foram incorporados. Os macro e micronutrientes foram aplicados via pulverização e fertirrigação em 16 e 6 parcelas respectivamente, distribuídas eqüitativamente durante todo o ciclo da cultura.

TABELA 1 – Análises de fertilidade do solo da rizosfera e de tecido foliar de mangueiras cv. Tommy Atkins, no início do ciclo da cultura em Novembro de 2003.

Determinações	Solo (0-20 cm)	Solo (20-40 cm)	Folha
N	-	-	12,10 g/kg
M.O.	8,00 g/dm^3	2,00 g/dm^3	-
pH SMP	7,40	7,40	-
pH	6,20	6,20	-
P	23,00 mg/dm^3	12,00 mg/dm^3	1,20 g/kg
K	1,30 mmolc/dm^3	1,20 mmolc/dm^3	7,30 g/kg
Ca^{2+}	30,00 mmolc/dm^3	18,00 mmolc/dm^3	20,30 g/kg
Mg^{2+}	4,00 mmolc/dm^3	3,00 mmolc/dm^3	1,10 g/kg
Na	0,20 mmolc/dm^3	0,20 mmolc/dm^3	185,00 mg/kg
Al^{3+}	< 1,00 mmolc/dm^3	< 1,00 mmolc/dm^3	280,00 mg/kg
H	9,70 mmolc/dm^3	9,70 mmolc/dm^3	-
H + Al	10,00 mmolc/dm^3	10,00 mmolc/dm^3	-
S.B.	35,30 mmolc/dm^3	22,20 mmolc/dm^3	-
C.T.C.	45,00 mmolc/dm^3	31,90 mmolc/dm^3	-
V	78,00%	70,00%	-
S	4,00 mg/dm^3	2,00 mg/dm^3	1,30 g/kg
B	0,33 mg/dm^3	0,29 mg/dm^3	97,86 mg/kg
Cu	10,30 mg/dm^3	1,90 mg/dm^3	28,00 mg/kg
Fe	14,00 mg/dm^3	34,00 mg/dm^3	175,00 mg/kg
Mn	34,50 mg/dm^3	16,50 mg/dm^3	275,00 mg/kg
Zn	145,80 mg/dm^3	285,80 mg/dm^3	17,00 mg/kg

O sistema de irrigação empregado foi microaspersão, com turno de rega diário, iniciado após a indução floral com uma lâmina bruta (LB) de 89 litros/planta, sendo ao longo do ciclo ajustado em função das características climáticas registradas. O controle de plantas invasoras foi realizado mensalmente, através de capinas com enxada e roço com estrovenga ou com roçadeira acoplada ao trator. As mangueiras receberam todos os tratos culturais de acordo com as exigências da cultura.

3.2 Indução floral

Utilizou-se para indução floral, mangueiras da cv. Tommy Atkins enxertada sobre a cv. Espada, com 21 anos de idade, pertencentes ao setor FF_1C_1 (Lote 642) da Fazenda Fruit Fort. O lote media 6,09 ha. Era composto de 655 plantas, com altura média de 5,5 m e estavam dispostas no espaçamento 10 x 10 m.

Para indução floral procedeu-se da seguinte forma:

i) 16/02/04–aplicou-se 34 mL de Cultar (paclobutrazol)/planta, via solo;

ii) 20/04/04–foi feito a 1ª aplicação de sulfato de potássio a 2%, via pulverização;

iii) 30/04/04–foi feito a 2ª aplicação de sulfato de potássio a 2%, via pulverização;

iv) 01/05/04–suspendeu-se a irrigação;

v) 11/05/04–foi feito a 3ª aplicação de sulfato de potássio a 2%, via pulverização;

vi) 20/05/04–aplicou-se 3,74 mL de Ethrel (ethefon)/planta com sulfato de potássio a 2%, via pulverização;

vii) 31/05/04–aplicou-se 9,1 mL de Ethrel (ethefon)/planta com sulfato de potássio a 2%, via pulverização;

viii) 02/07/04–aplicou-se nitrato de potássio a 5%, via pulverização;

ix) 09/07/04–aplicou-se nitrato de potássio a 4%, via pulverização;

x) 16/07/04–aplicou-se nitrato de potássio a 3%, via pulverização;

xi) 19/07/04–retomou-se a irrigação com lâmina bruta (LB) = 89 litros/planta; e

xii) 23/07/04–Finalmente aplicou-se nitrato de cálcio a 2,5%, via pulverização.

3.3 Marcação das panículas

Durante a antese, isto é, quando 65% das plantas haviam emitido panículas, foram selecionadas 211 plantas, onde 797 panículas foram marcadas com fitas de plástico e monitoradas até 112 dias após a antese (DAA). Em cada planta foi marcada uma panícula por quadrante quando disponível. As panículas marcadas foram padronizadas em padrão 1 e 2, conforme as características descritas na TABELA 2 e observadas na FIGURAS 3.

TABELA 2 - Características das panículas padrões 1 e 2 em mangueira, cv. Tommy Atkins.

Características	Panícula	
	Padrão 1	Padrão 2
Comprimento do ápice	10 cm	10 cm
Comprimento total	30 cm	30 cm
% de Flores visualmente abertas	100%	90%
% de Flores visualmente abertas no ápice	100%	0%
% de Flores visualmente fecundadas	< 5%	0%
Formato	Pluma	Pena

A B

FIGURA 3 – Panículas padrões 1 (A) e 2 (B) em mangueira 'Tommy Atkins'.

3.4 Fenologia da floração à frutificação

Marcaram-se 10 panículas padrão 1, 10 panículas padrão 2 e 10 ramos com gemas diferenciando-se para emissão de panícula (FIGURA 4), onde periodicamente, de 3 em 3 dias foram feitas as seguintes determinações:

- Número de flores em antese nas panículas padrões 1 e 2;
- Número de flores fecundadas nas panículas padrões 1 e 2;

- Número de botões nas panículas padrões 1 e 2;
- Número total de flores nas panículas padrões 1 e 2;
- Número de dias para atingir os estádios padrões 1 e 2;
- Número de dias para atingir o estádio chumbinho nas panículas padrões 1 e 2;
- Número de dias para atingir o estádio bola de gude nas panículas padrões 1 e 2;
- Número de dias para atingir o estádio ovo nas panículas padrões 1 e 2; e
- Número de dias para atingir o estádio fruto nas panículas padrões 1 e 2.

FIGURA 4 – Início da diferenciação floral em ramo de mangueira ‘Tommy Atkins’.

3.5 Colheita e manuseio das mangas

Antes da colheita, as mangas foram individualmente numeradas. Colheu-se ao acaso, na Fazenda Fruit Fort, 24 frutos aos 35, 49, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 e 112 dias após a antese (DAA) de Outubro a Dezembro de 2004.

Após a colheita, transportaram-se os frutos para o Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Semi-Árido, onde foram feitas as avaliações físicas com metade das mangas colhidas e a outra foi descascada e cortada em cubinhos de 1,5 cm^3, sendo uma parte

separada para a realização das análises de sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH, vitamina C e clorofila total e a outra congelada com N_2 líquido (-196ºC), acondicionadas em sacos transparentes de polietileno de baixa densidade (27,0 x 31,0 cm) com fecho hermético, devidamente identificados e transportadas em caixa de isopor com gelo para os Laboratórios de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical e de Fisiologia Vegetal do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, da Universidade Federal do Ceará - UFC. Então, as amostras foram armazenadas em *ultra-freezer* a -85ºC até que se procedesse o restante das análises. Para a realização das análises físico-químicas, químicas e bioquímicas da polpa os cubinhos de manga foram desintegrados em centrífuga doméstica.

3.6 Avaliações físicas

3.6.1 Aspectos morfológicos externos

Foram determinados o formato do ombro, a textura da casca, o brilho da casca, o distanciamento das pontuações brancas, o formato do nariz e o formato do ápice. Na FIGURA 5 pode-se observar os tipos de formatos do ombro, do nariz e do ápice da manga durante o desenvolvimento.

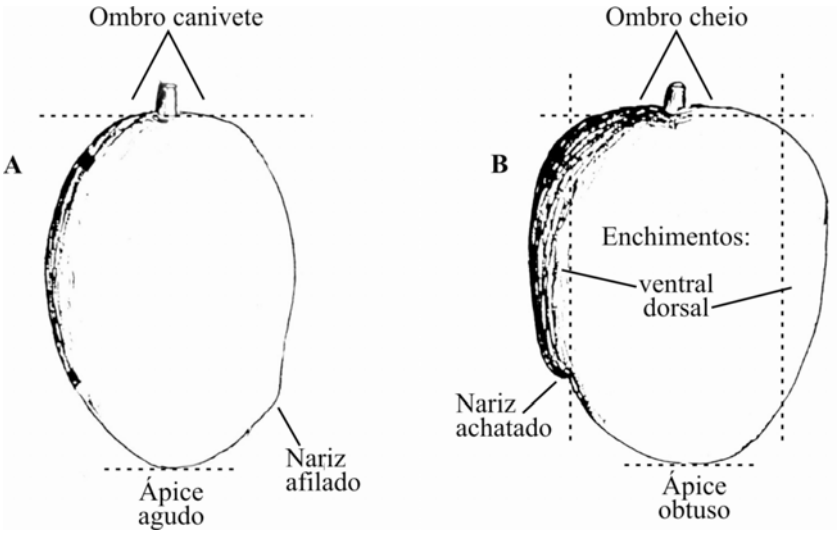

FIGURA 5 – Formatos do ombro, do nariz e do ápice de mangas 'Tommy Atkins' em desenvolvimento fisiológico-A (não deve ser colhida) e fisiologicamente desenvolvida-B (pode ser colhida). Adaptado de Bleinroth, 1994.

3.6.2 Diâmetros longitudinal, ventral, transversal e produto dos diâmetros

Os diâmetros foram determinados mediante o uso de um paquímetro digital modelo SC-6 com escala graduada em milímetros. As leituras, em mm, foram divididas por 10 para expressar o resultado em centímetros (cm). Veja na FIGURA 6 a ilustração de como foram feitas estas mensurações.

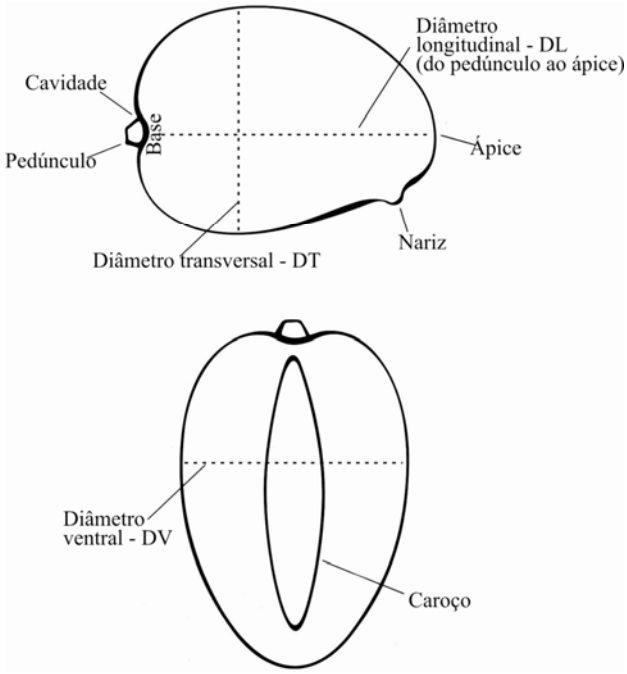

FIGURA 6 – Ilustração dos diâmetros longitudinal (DL), ventral (DV) e transversal (DT) de mangas 'Tommy Atkins' (adaptado de Campbell, 1992).

O volume dos frutos foi calculado individualmente através do produto entre os diâmetros longitudinal, ventral e transversal (CASTRO NETO e REINHARDT, 2003). Os resultados deste método são apresentados como produto dos diâmetros e expressos em centímetros cúbicos (cm^3).

3.6.3 Massas fresca, seca, de água e o teor de água

Para a determinação da massa fresca, os frutos foram pesados individualmente em balança semi-analítica com precisão de 0,1 g. Todo o processo da colheita do fruto até o final

das pesagens foi efetuado em, no máximo, 60 minutos. Este tempo foi rigorosamente mantido para evitar a perda de água e variação entre as amostragens. Todas as pesagens foram expressas em gramas (g).

Para a determinação da massa seca, os frutos foram fracionados e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60 ± 2ºC até a obtenção de massa constante em balança semi-analítica com precisão de 0,1 g. O tempo de secagem variou de 24 a 72 horas, de acordo com o tamanho do fruto. Após a secagem, o material foi colocado em dessecador contendo sílica gel para esfriar de forma a minimizar a sua rehidratação antes da pesagem. Todas as pesagens foram efetuadas individualmente e expressas em gramas (g).

A massa de água foi determinada por diferença entre a massa fresca (MF) e a massa seca (MS), sendo, portanto, expresso em gramas (g).

O teor de água foi determinado através da fórmula: Teor de água = massa de água x MF^{-1} x 100, sendo, portanto, expresso em percentagem (%).

3.6.4 Escalas de coloração da casca e da polpa

A coloração verde da casca foi obtida através do uso de uma escala subjetiva conforme GTZ (1992) e Amorim (2002), denominada escala de coloração da casca (ECC): 1-verde escuro; 2-verde claro; 3-verde-amarelo; 4-amarelo-verde; e 5-amarelo (FIGURA 7). Os resultados foram expressos em média de notas atribuídas por repetição, através do exame individual de cada manga por quatro avaliadores treinados.

A coloração vermelha da casca foi obtida através do uso de uma medida subjetiva onde é avaliado o percentual de cor vermelha na manga (AMORIM, 2002), denominada escala de Blush para coloração da casca (EBCC). A escala é enumerada de 1 a 5, cada número correspondendo a uma faixa percentual da cor vermelha: 1-0%; 2->0-25%; 3->25-50%; 4->50-75%; e 5->75-100%. Os resultados foram expressos em média de notas atribuídas por repetição, através do exame individual de cada manga por quatro avaliadores treinados.

A coloração da polpa foi obtida através do uso de uma escala subjetiva conforme GTZ (1992) e Filgueiras et al. (2000), denominada escala de coloração da polpa (ECP):

1-cor creme: a polpa apresenta a cor creme por completo, podendo variar de creme-claro a creme-escuro. Não se deve confundir a cor creme com a cor branca;

2-mudança da cor creme: há uma mudança em até 30% da área com cor creme para a cor amarela, partindo do centro do fruto;

3-amarelo: corresponde 30 a 60% da polpa com cor amarela;

4-amarelo-laranja: corresponde a mais de 60% da cor amarela e menos de 30% de cor laranja; e

5-laranja: corresponde a mais de 90% da cor laranja.

Os resultados foram expressos em média de notas atribuídas por repetição, através do exame individual de cada manga por quatro avaliadores treinados. A escala de coloração da polpa para manga pode ser vista na FIGURA 7.

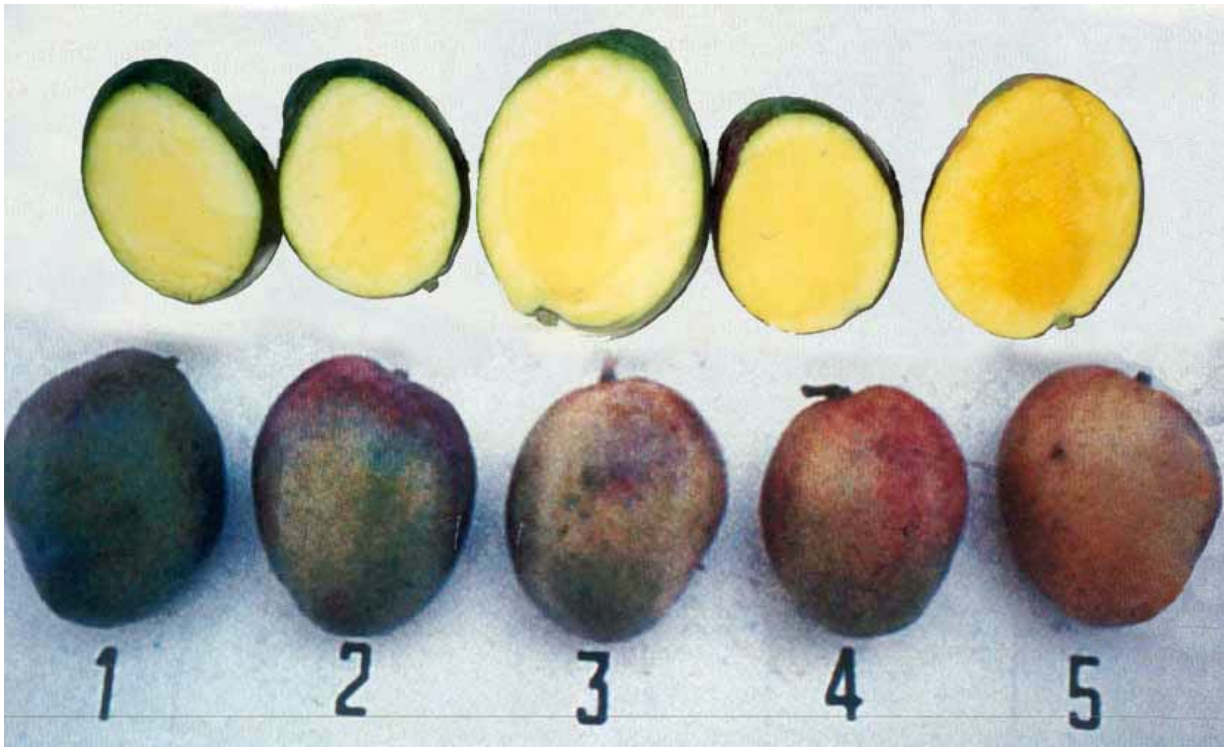

FIGURA 7 – Escalas de coloração da casca e da polpa como guia de maturação das mangas 'Tommy Atkins' (adaptado de GTZ, 1992).

3.6.5 Coloração da polpa

Foi realizada com Colorímetro Minolta, modelo CR-300, o qual expressa a cor em três parâmetros: L, que corresponde a luminosidade (brilho, claridade ou reflectância; 0-escuro/opaco e 100-branco); C, o croma (saturação ou intensidade da cor; 0-cor impura e 60-

cor pura); e H, o ângulo Hue (ângulo da cor; 0º-vermelha; 90º-amarelo; 180º-verde; 270º-azul e 360º-negro).

3.6.6 Firmeza

Foi determinada em mangas integras, usando-se penetrômetro manual Magness-Taylor modelo FT 011 com ponta de 8 mm de diâmetro, após a retirada da casca. Foram feitas duas leituras por manga, em lados opostos da porção equatorial, objetivando efetuar a média. As leituras, em lbf, foram multiplicadas por 4,4482 para expressar o resultado da força necessária para romper a resistência da polpa em Newtons (N).

3.6.7 Unidades de calor (graus-dia)

As determinações de unidades de calor (UC) foram feitas de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), onde se calculou a temperatura média diária, cuja soma algébrica foi deduzida da temperatura mínima de crescimento:

$UC = \Sigma (T_{máx} + T_{mín}/2) - T_{base}$, onde:

UC = unidades de calor, ºC;
$T_{máx}$ = temperatura máxima do ar, ºC;
$T_{mín}$ = temperatura mínima do ar, ºC; e
T_{base} = temperatura base para a planta, ºC.

A temperatura base para a mangueira dada por Chaudhri (1976) e Silva (1996), representa a temperatura de paralisação do crescimento da planta, neste sentido, estes autores sugerem o valor de 10ºC.

3.7 Avaliações físico-químicas e químicas

3.7.1 Sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH e relação SST/ATT

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado usando-se um refratômetro digital Atago modelo PR-101, escala de 0 a 45°Brix, com compensação de temperatura automática (AOAC, 1995).

Determinou-se a acidez total titulável (ATT) por titulometria com solução de NaOH 0,1 N, utilizando titulador automático Mettler DL 12 e expressando os resultados em percentagem (%) de ácido cítrico na massa fresca (IAL, 1985).

O pH foi medido em potenciômetro digital com eletrodo de membrana de vidro (AOAC, 1995).

A relação SST/ATT foi obtida através do quociente entre as duas variáveis.

3.7.2 Determinação dos teores de carboidratos

O teor de amido foi determinado conforme metodologia descrita em AOAC (1995), com algumas adaptações. Amostra de 5 g de polpa foi diluída em 50 mL de água destilada e centrifugada a 1.000 g, durante 10 min., por três vezes. Ao resíduo, foram adicionados 30 mL de água destilada mais 5 mL de ácido clorídrico a 37%. Após fervura durante 2 h, sob refluxo, foi resfriado e neutralizado com solução de carbonato de sódio a 20%. Filtrou-se e o volume foi completado para 100 mL, com água destilada. A partir do filtrado diluído, determinou-se os açúcares redutores pelo método do DNS (ácido dinitrosalicílico), conforme Miller (1959), sendo assim, tomou-se 0,2 mL do filtrado diluído, adicionou-se 1,3 mL de água destilada e 1 mL de ácido dinitrosalicílico (DNS) a 1%, procedendo-se a reação em banho-maria, a 100ºC por 5 minutos. Após resfriadas em banho de gelo, o volume das amostras foi completado para 10 mL. As leituras foram feitas em espectrofotômetro, a 540 nm. Os resultados obtidos foram multiplicados pelo fator 0,90 para a obtenção do amido em percentagem (%) da massa fresca.

Os açúcares solúveis totais (AST) foram determinados em amostras de 2 g de polpa, com extração em 100 mL de álcool etílico a 80% durante 15 minutos e em seguida filtrado.

Alíquotas de 10 mL da amostra, diluídas em 100 mL de água destilada, foram usadas nas determinações, realizadas de acordo com metodologia de Yemn e Willis (1954). Em tubos contendo alíquota de 0,1 mL do filtrado diluído, adicionou-se 0,9 mL de água destilada e fez-se reagir com 2 mL do reativo antrona a 0,1%, para depois de agitados, aquecidos em banho-maria a 100ºC por 8 minutos e resfriados em banho de gelo e a leitura das amostras foi processada a 620 nm. Os resultados foram expressos em percentagem (%) da massa fresca.

Para a análise dos açúcares redutores (AR), a extração foi feita em água destilada e determinou-se segundo Miller (1959). A partir de 0,5 g de amostra de polpa diluída para 50 mL e filtrada em papel Wathman qualitativo nº 1, tomou-se 1,5 mL. A este volume, adicionou-se 1 mL de ácido dinitrosalicílico (DNS) a 1%, procedendo-se a reação em banho-maria, a 100ºC por 5 minutos. Após resfriadas em banho de gelo, o volume das amostras foi completado para 10 mL. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 540 nm. Os resultados foram expressos em percentagem (%) da massa fresca.

Os açúcares não redutores (ANR) foram obtidos por diferença entre os açúcares solúveis totais (AST) e os redutores (AR), conforme Evangelista (1999), Morais (2001) e Lima (2002). Os resultados foram expressos em percentagem (%) da massa fresca.

3.7.3 Determinação dos teores de nitrogênio total, não protéico e protéico

O nitrogênio total (NT) foi determinado de acordo com o método de Kjeldahl (AOAC, 1995), com algumas adaptações. Para efetuar a digestão adicionou-se 0,5 g de polpa e 7 mL da mistura digestora (175 mL de água deionizada + 3,6 g de $Na_2SeO_3.5H_2O$ a 99% + 21,39 g de Na_2SO_4 a 99% + 4,0 g de $CuSO_4.5H_2O$ a 100% + 200 mL de H_2SO_4 a 98%) em tubos de digestão, os quais ficaram em bloco digestor a 400ºC até mudarem da cor preta para incolor. A destilação foi iniciada com a transferência do conteúdo do tubo de digestão para o tubo de destilação, lavando-o com pequenas porções de água destilada e acrescentando três gotas de fenolftaleína. Foram colocados 10 mL da solução de ácido bórico a 2% mais indicadores em Erlenmeyers de 125 mL, sendo em seguida levados para o destilador, onde o tubo de descarga permaneceu mergulhado na solução. Adicionaram-se 10 a 15 mL de hidróxido de sódio 18 N ao tubo de destilação e o destilador foi aquecido até quando se destilou 50 mL de amônia. Finalmente, titulou-se a amônia destilada com H_2SO_4 0,0525 N até a viragem de azul para róseo claro, quando se anotou o volume gasto (V_A). A prova em branco foi feita sem a adição

de polpa, sendo também anotado o volume gasto (V_B). Foi feito o cálculo de nitrogênio total expresso em g/kg da massa fresca da polpa de acordo com a seguinte fórmula:

$NT = (V_A - V_B) \times 0,735/\text{Massa da polpa}$

Para determinação do nitrogênio não protéico (NNP) iniciou-se com a precipitação da proteína colocando 2 g de polpa e 20 mL de ácido tricloroacético a 15% em um Erlenmeyer de 125 ml, agitando e deixando em repouso para precipitar por 5 minutos. Após o repouso, foi filtrado, retirou-se uma alíquota de 5 mL em duplicata, colocando no tubo de digestão e adicionando 7 mL da mistura digestora. Em seguida, procedeu-se de acordo com o que foi feito na determinação de nitrogênio total, isto é, digestão, destilação e titulação. Foi feito o cálculo de nitrogênio não protéico expresso em g/kg da massa fresca da polpa de acordo com a seguinte fórmula:

$NNP = (V_A \times 4 - V_B) \times 0,735/\text{Massa da polpa}$

O nitrogênio protéico (NP) foi obtido pela diferença entre o nitrogênio total e o não protéico (AOAC, 1995). Os resultados foram expressos em g/kg da massa fresca da polpa.

3.7.4 Proteína bruta e verdadeira

Para o cálculo da proteína bruta (PB), multiplicou-se o nitrogênio total pelo fator 6,25 e para o cálculo da proteína verdadeira (PV), multiplicou-se o nitrogênio protéico pelo fator 6,25 (SILVA, 1990). Os resultados foram expressos em g/kg da massa fresca da polpa.

3.7.5 Vitamina C

A vitamina C foi determinada através da titulometria com solução de DFI (2,6-diclorofenolindofenol 0,02%) até coloração róseo claro permanente, utilizando 1 g de polpa

diluído em 50 mL de ácido oxálico 0,5% de acordo com Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g da massa fresca da polpa.

3.7.6 Clorofila total

Amostras de epicarpo (espessura de aproximadamente 1 mm) retiradas, ao acaso, das mangas, foram desintegradas em homogeneizador de tecidos, conforme recomendação de Bruinsma (1963). Usou-se 1 g do material para 10 mL de uma solução de acetona a 80%. Ao volume de extrato, após homogeneização, adicionou-se acetona a 80% até completa descoloração, seguida de filtração. O volume final do extrato foi de 50 mL. A leitura de absorbância foi efetuada a 652 nm. Os níveis de clorofila total foram expressos em mg/100 g da massa fresca do epicarpo, segundo a equação adotada por Engel e Poggiani (1991):

Clorofila total = $[(A_{652} \times 1000 \times V/1000 \times W)/34,5] \times 100$, onde:

A_{652} = absorbância;
V = volume final do extrato clorofila-acetona em mL; e
W = massa do epicarpo em gramas.

3.7.7 Carotenóides totais

Os carotenóides totais foram determinados pelo método de Higby (1962). Em Erlenmeyer de 250 mL, foram colocados 10 g de polpa, 30 mL de álcool isopropílico a 99,5% e 10 mL de hexano a 98,5%, seguido de agitação por 1 minuto. O conteúdo foi transferido para funil de separação de 125 mL envolvido em alumínio, onde se completou o volume com água destilada. Deixou-se em repouso por 30 minutos, seguindo-se a lavagem do material. Repetiu-se esta operação por mais quatro vezes. Filtrou-se o conteúdo com algodão pulverizado com sulfato de sódio anidro a 99% para um balão volumétrico de 50 mL envolto com alumínio, onde foram adicionados 5 mL de acetona a 99,5% e completado o volume com

hexano a 98,5%. As leituras foram feitas a 450 nm e os resultados expresso em mg/100 g da massa fresca da polpa, calculados através da fórmula:

Carotenóides totais = (A_{450} x 100)/(250 x L x W), onde:

A_{450} = absorbância;
L = largura da cubeta em cm; e
W = quociente entre a massa da amostra original em gramas e o volume final da diluição em mL.

3.7.8 Fenólicos

A extração dos fenólicos foi realizada de acordo com Swain e Hillis (1959), e o doseamento segundo metodologia descrita por Reicher et al. (1981). Para a extração de fenóis diméricos, oligoméricos e poliméricos, pesaram-se 5 g de polpa, utilizando-se aproximadamente 25 mL do líquido extrator: metanol a 99,5%, metanol a 50% e água destilada. Para a extração com água destilada, as amostras foram colocadas em banho-maria a 60ºC por 15 minutos. Nos casos de metanol a 99,5% e a 50%, o material foi submetido a refluxo por 15 minutos. Após a extração, todas as amostras foram agitadas por 15 minutos e, em seguida, filtradas a vácuo. O filtrado foi evaporado até volume aproximado de 5 mL e diluído para 50 mL. Alíquotas de 3 mL foram utilizadas para o doseamento, sendo as leituras realizadas em espectrofotômetro a 720 nm, e os resultados expressos em percentagem (%) da massa fresca.

3.7.9 Pectinas

As pectinas total e solúvel foram extraídas a partir de 2,5 g da polpa homogeneizada em etanol 95%, segundo procedimento descrito por McReady e McComb (1952). Após repouso, a amostra foi lavada por duas vezes com etanol 75%. A extração de pectina solúvel procedeu-se com filtração e diluição para 50 mL. No caso da pectina total, ajustou-se o pH

para 11,5 com solução de NaOH 1 N para posterior repouso por 30 minutos. A seguir, o pH foi ajustado para 5,0-5,5 com ácido acético glacial para permitir as condições ideais de hidrólise por meio da pectinase (E.C. 3.2.1.15) de *Aspergillus niger*, 1,0 U/mg (Merck). As leituras foram feitas, da mesma forma para as duas variáveis, por colorimetria, a 520 nm, através da reação de condensação com m-hidroxidifenil, segundo Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973) e os resultados expressos em mg de pectina por 100 g da massa fresca da polpa. A percentagem de solubilização de pectina foi obtida através do quociente entre o conteúdo de pectina solúvel e o da total. Também foram extraídas as frações de pectinas solúveis em água destilada, oxalato de amônio a 0,75% e ácido clorídrico a 0,05 M, a partir dos sólidos insolúveis em álcool (SIA), segundo metodologia sugerida por Robertson (1979). Homogeneizaram-se 2 g da amostra em 30 mL de etanol a 95% e ferveu-se a 85ºC por 15 minutos. Após filtração a vácuo, o resíduo obtido foi lavado com 50 mL de etanol a 95% e 15 mL de acetona a 99,5%, e seco em estufa à temperatura de 40ºC por uma noite. As pectinas solúveis em água destilada, oxalato de amônio a 0,75% e ácido clorídrico a 0,05 M foram determinadas pelo método do meta hidroxidifenil (BLUMENKRANTZ e ASBOE-HANSEN, 1973) e os resultados expressos em mg de pectina por 100 g de SIA.

3.8 Avaliações bioquímicas

3.8.1 Atividade da pectinametilesterase

Homogeneizaram-se 10 g da polpa com 20 mL de água destilada a 4ºC. O homogenato resultante foi centrifugado a 25.000 g, por 10 minutos. O resíduo foi lavado duas vezes com 20 mL de água destilada (4ºC), e em seguida ressuspendido em NaCl 1 M (4ºC) e submetido a homogeneização por 1 minuto. O pH foi ajustado para 6,0 com NaOH 1 N e o novo homogenato incubado a 4ºC por 1 hora. Nova centrifugação foi realizada a 25.000 g, por 10 minutos, a 4ºC. O sobrenadante resultante constituiu o extrato enzimático. A este, adicionou-se pectina cítrica a 1% em NaCl 0,2 N pH 7,0. A taxa de desmetilação do extrato foi medida por titulação com NaOH 0,01 N, mantendo-se o pH em 7,0 por 10 minutos. Uma unidade de atividade enzimática (UAE) de pectinametilesterase foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 nmol de NaOH

por 10 minutos. Os resultados foram expressos em UAE por grama da massa fresca por minuto (JEN e ROBINSON, 1984).

3.8.2 Atividade da poligalacturonase

A extração enzimática para a determinação da atividade poligalacturonásica foi obtida através da mesma metodologia utilizada para pectinametilesterase. A determinação da atividade enzimática foi feita conforme Pressey e Avants (1973). O extrato foi incubado com solução de ácido poligalacturônico 0,25% (lavado com etanol 80% antes do uso) em tampão acetato de sódio 37,5 mM pH 5,0 a 30ºC por 3 horas. A reação foi interrompida em banho-maria fervente, e os grupos redutores liberados foram determinados pela técnica do DNS (ácido dinitrosalicílico), usando glicose anidra como padrão (MILLER, 1959). Uma unidade de atividade enzimática (UAE) de poligalacturonase foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 nmol de grupos redutores por minuto. Os resultados foram expressos em UAE por grama da massa fresca por minuto.

3.8.3 Atividade da polifenoloxidase

O processo de extração da polifenoloxidase foi realizado segundo a técnica proposta por Wissemann e Lee (1980), com algumas modificações. Homogeneizaram-se 6 g da polpa em 6 mL de tampão fosfato 0,05 M pH 7,0, contendo 0,1 M de KCl e 1% de polivinilpirrolidona (PVP). O homogenato foi centrifugado a 11.000 g, por 10 minutos. O sobrenadante resultante constituiu o extrato enzimático. Até aqui, todo o procedimento foi realizado a 4ºC. A atividade enzimática foi determinada incubando-se alíquotas de 0,02 a 0,03 do extrato, dependendo do estádio de maturação, e 1,85 mL de tampão fosfato 0,1 M pH 6,0, contendo 0,1 M de KCl e 0,1 M de catecol, durante 30 minutos, a 30ºC. A reação foi interrompida pela adição de 0,8 mL de $HClO_4$ 2 N. As leituras de absorbância foram realizadas a 395 nm e considerou-se uma unidade de atividade enzimática (UAE) de polifenoloxidase como a quantidade de atividade enzimática que produz uma mudança de

0,001 unidade de absorbância. Os resultados foram expressos em UAE por grama da massa fresca por minuto.

3.8.4 Atividade da peroxidase

A extração da peroxidase foi realizada conforme método de Wissemann e Lee (1980) com as mesmas modificações adotadas para extração da polifenoloxidase. A atividade foi medida segundo metodologia descrita por Matsuno e Uritani (1972), substituindo-se o substrato o-fenilenodiamina por guaiacol 1%, adicionado diretamente à solução tampão. As leituras de absorbância foram realizadas a 470 nm e considerou-se uma unidade de atividade enzimática (UAE) de peroxidase como a quantidade de atividade enzimática que produz uma mudança de 0,001 unidade de absorbância. Os resultados foram expressos em UAE por grama da massa fresca por minuto.

3.8.5 Atividades amilásica total, α- e β-amilásicas

Para atividade amilásica total, a extração e o doseamento seguiram o método descrito por Bernfeld (1955), modificado por Khader (1992). Extrairam-se 2,5 g da polpa em tampão fosfato 0,02 M pH 6,9, contendo polivinilpirrolidona (PVP) 2% e 0,5 g de metabissulfito de sódio a 97%. Após homogeneização, a amostra foi submetida a duas centrifugações a 11.000 g, por 10 minutos. Todo o procedimento de extração foi realizado a 4ºC e o último sobrenadante obtido constituiu o extrato enzimático. A 0,3 mL do extrato, adicionou-se 0,5 mL de amido solúvel 1% em tampão fosfato 0,02 M pH 6,9, contendo PVP 2% e NaCl 0,007 M, para incubação a 37ºC por 30 minutos. A reação foi interrompida pela adição de 0,5 mL de NaOH 2 N. A partir daí, procedeu-se às leituras pelo método descrito por Miller (1959), portanto, determinou-se a atividade desta enzima, pela capacidade de promover a hidrólise do amido. Os resultados foram expressos em μmol de maltose por grama da massa fresca por minuto.

A atividade α-amilásica foi feita adicionando-se a 0,3 mL do extrato, 0,5 mL de amido solúvel 1% em tampão fosfato 0,02 M pH 6,9, contendo polivinilpirrolidona (PVP) 2%, NaCl

0,007 M e $CaCl_2$ 2,6 mM, para incubação a 70ºC por 30 minutos. A reação foi interrompida pela adição de 0,5 mL de NaOH 2 N. A etapa de aquecimento a 70ºC na presença de $CaCl_2$ serve para inativar a atividade β-amilásica. A partir daí, procedeu-se às leituras pelo método descrito por Miller (1959), portanto, determinou-se a atividade desta enzima, pela capacidade de promover a hidrólise do amido. Os resultados foram expressos em μmol de maltose por grama da massa fresca por minuto.

A atividade da β-amilase foi obtida por diferença entre amilase total e α-amilase. Os resultados foram expressos em μmol de maltose por grama da massa fresca por minuto.

3.8.6 Atividades α- e β-galactosidásicas

Para a obtenção das atividades α- e β-galactosidásicas foi realizada a extração conforme Kitagawa et al. (1995) e a atividade foi determinada segundo Dey e Pridham (1969). Homogeneizaram-se 10 g da polpa em 5 mL de tampão acetato de sódio 0,1 M pH 5,0, contendo polivinilpirrolidona (PVP) 1%, e centrifugada a 25.000 g, por 15 min, a 4ºC. O sobrenadante foi utilizado para a determinação da atividade enzimática solúvel no citosol e o resíduo foi lavado quatro vezes com 5 mL de tampão acetato de sódio 0,02 M pH 5,0, contendo 2-mercaptoetanol 5 mM, através de centrifugação a 25.000 g, por 5 minutos. Foi, então, ressuspendido em 10 mL de tampão acetato de sódio 0,02 M pH 5,0, contendo NaCl 3 M, antes de sofrer agitação por 12 horas, mantido a 4ºC. Realizou-se nova centrifugação a 25.000 g, por 20 minutos, a 4ºC. O sobrenadante obtido constituiu o extrato enzimático para determinação das atividades das enzimas na parede celular. Os extratos foram incubados, por 15 minutos, a 55ºC (para determinação da atividade α-galactosidásica) e a 37ºC (para β-galactosidásica), em solução dos substratos α- e β-para-nitro-D-galactopiranosídeo 3 mM, respectivamente, em tampão McIlvaine (citrato a 25 mM + fosfato a 50 mM) pH 5,0 e 4,0, nesta ordem (McILVAINE, 1921). A reação foi interrompida com carbonato de sódio 0,1 M e as leituras realizadas em espectrofotômetro, a 400 nm. Considerou-se uma unidade de atividade enzimática (UAE) de galactosidase como a quantidade de atividade da enzima que produziu uma mudança de 0,001 unidade de absorbância. Os resultados foram expressos em UAE por grama da massa fresca por minuto.

3.8.7 Teor de proteína

O teor protéico foi determinado segundo o método descrito por Bradford (1976), a partir dos mesmos extratos de citosol e de parede celular utilizados para determinação das atividades galactosidásicas, tendo a albumina sérica bovina como padrão. A determinação foi realizada através da adição de 2,5 mL do reagente Coomassie Brilliant Blue G-250 a 0,05 mL da amostra e 10 minutos após a adição do reagente realizou-se a leitura em espectrofotômetro, a 595 nm. Os resultados foram expressos em mg por grama da massa fresca.

3.9 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 10 ou 8 tratamentos (épocas de colheita), dependendo da análise que foi realizada e 3 repetições, constituídas por 4 frutos cada. Os dados obtidos em função do tempo de amostragem foram submetidos à análise de variância observando a significância pelo teste F. Para os casos em que os tratamentos foram significativos, procedeu-se ajustes através de regressões polinomiais. O Software ESTAT (Sistema para Análises Estatísticas) foi utilizado nestes cálculos. Admitiram-se equações polinomiais de até 3º grau, considerando aquelas de grau superior como desvio de regressão, e coeficientes de determinação maiores que 0,70. Nos casos em que estes critérios não foram atendidos, optou-se por representar os valores médios dos tratamentos sem curva de ajuste. Além disso, foram estimados os coeficientes de correlação linear entre as variáveis estudadas verificando-se a significância pelo teste t, através do programa estatístico ASSISTAT (Assistência Estatística).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Indução floral

As aplicações decrescentes a 5, 4 e 3% de nitrato de potássio (KNO_3) no pomar apresentaram um elevado e uniforme índice de diferenciação floral nos ramos. Este comportamento corrobora com Albuquerque et al. (2002), quando recomendam de 2 a 4% KNO_3 a fim de antecipar a floração em até 30 dias, além de aumentar significativamente a frutificação e o rendimento. Mendonça (2000) também conseguiu bons índices de diferenciação floral apenas com três aplicações de KNO_3.

Aos três, dezoito e vinte e seis dias após a aplicação KNO_3 a 3% os índices de floração do pomar foram respectivamente de 20%; 50% e 65%. Esta resposta coincide com a obtida por Mendonça (2000). O autor concluiu que durante a indução floral de 'Tommy Atkins' quando se aplica 30 mL de Paclobutrazol/planta, são necessários apenas 20 dias para atingir 50% de florescimento.

4.2 Marcação das panículas

No pomar foram marcadas 335 panículas no padrão 1 e 462 panículas no padrão 2, somando um montante de 797 panículas, no entanto, aos 56 DAA observou-se em campo a existência de apenas 21 frutos no estádio ovo e 340 frutos no estádio fruto, totalizando uma efetiva produção de 361 frutos, isto é, apenas 35,51% das panículas marcadas tornaram-se produtivas.

Neste sentido, avaliando o número de frutos por panícula aos 56 DAA, obteve-se a distribuição absoluta e percentual descrita na TABELA 3. Nota-se que na realidade 64,49% das panículas marcadas não produziram frutos, enquanto que, 25,85% das panículas marcadas tiveram apenas um fruto.

TABELA 3 - Distribuições absoluta e percentual dos frutos por panícula aos 56 DAA em mangueira, cv. Tommy Atkins.

Distribuição por panícula	Número de panículas	
	Absoluto	Percentual (%)
0 ovo e 0 fruto	514,00	64,49
1 ovo e 1 fruto	3,00	0,38
1 ovo e 2 frutos	2,00	0,25
2 ovos e 2 frutos	2,00	0,25
1 ovo	12,00	1,50
1 fruto	206,00	25,85
2 frutos	51,00	6,40
3 frutos	7,00	0,88
Total	797,00	100,00

Comportamento semelhante foi relatado por Simão (1971). O autor afirma que a mangueira fixa no máximo três frutos por panícula. Das panículas formadas apenas 25% mantêm frutos até a maturação. Dos frutos formados, 60 a 90% caem nos primeiros 30 dias; 94 a 99% aos 60 dias, restando no final apenas de 0,67 a 0,70 dos frutos inicialmente fixados, isto é, menos de 1% dos frutos atingem o estágio de maturação. Singh (1954) também estudou este tema e constatou que 35% do total de flores da mangueira são polinizadas resultando em cerca de 0,01% de frutos no *stand* final, porém difere daquele relatado por Lima Filho et al. (2002), quando a queda dos frutos atingiu cerca de 80%. Já Cunha et al. (2002), afirmam que apenas um a três frutos por panícula completam seu desenvolvimento e atingem a maturação.

4.3 Fenologia da floração à frutificação

Após minuciosa observação das 10 panículas padrão 1, 10 panículas padrão 2 e 10 ramos com gemas se diferenciando para emissão de panícula, constatou-se os valores médios e percentuais que encontram-se na TABELA 4. Verifica-se uma diferença acentuada entre o número total de flores dos Padrões 1 e 2, provavelmente esta diferença reflita a ocorrência da senescência nas flores do Padrão 1, pois constatamos que existe uma diferença de quatro dias entre os supracitados padrões.

TABELA 4 - Valores médios e percentuais da fenologia da floração até o início da frutificação em mangueira, cv. Tommy Atkins.

Determinações	Panículas			
	Padrão 1		Padrão 2	
	Média	(%)	Média	(%)
Nº de flores em antese	3.085,00	57,34	1.082,00	11,74
Nº de flores fecundadas	734,00	13,65	534,00	5,79
Nº de botões	1.561,00	29,01	7.600,00	82,47
Nº total de flores	5.380,00	100,00	9.216,00	100,00
Nº de dias para atingir o estádio padrão	25 DAD[1]	-	21 DAD	-
Nº de dias para atingir o estádio chumbinho	2 DAA[2]	-	5 DAA	-
Nº de dias para atingir o estádio bola de gude	15 DAA	-	19 DAA	-
Nº de dias para atingir o estádio ovo	33 DAA	-	36 DAA	-
Nº de dias para atingir o estádio fruto	47 DAA	-	50 DAA	-

[1]Dias após a diferenciação. [2]Dias após a antese.

Simão (1971) relatou que uma panícula possui de 400 a 17.000 flores, porém difere de Pinto et al. (2002a), quando constatou apenas de 600 a 6.000 flores. No entanto, o valor máximo do último autor assemelha-se ao valor mínimo deste estudo, onde se constatou 5.380 flores/panícula (TABELA 4).

Segundo Simão (1971), o período de desenvolvimento da panícula varia de 35 a 42 dias, e as primeiras flores só se abrem a partir de 21 dias do início do desenvolvimento da inflorescência. Este comportamento assemelha-se com os resultados observados neste trabalho, pois foram necessários 21 e 25 dias após a diferenciação (DAD) para atingir os estádios padrão 2 e 1, respectivamente (TABELA 4).

Outro ponto difuso é quanto ao número de dias para atingir a maturação. Lima Filho et al. (2002) e Medina, Valdique (1996) relatam que são necessários 90 a 120 dias após a fecundação, no entanto difere daquele constatado por Medlicott e Reynolds (1988) e Bleinroth (1994), quando registraram de 100 a 105 dias após a florada. Já Cunha et al. (2002) sugere de 100 a 150 dias após a floração. No entanto, a TABELA 4 consta apenas da fenologia da antese até 47 e 50 DAA, quando os padrões 1 e 2, respectivamente, atingem o estádio de fruto maturo (FIGURA 8).

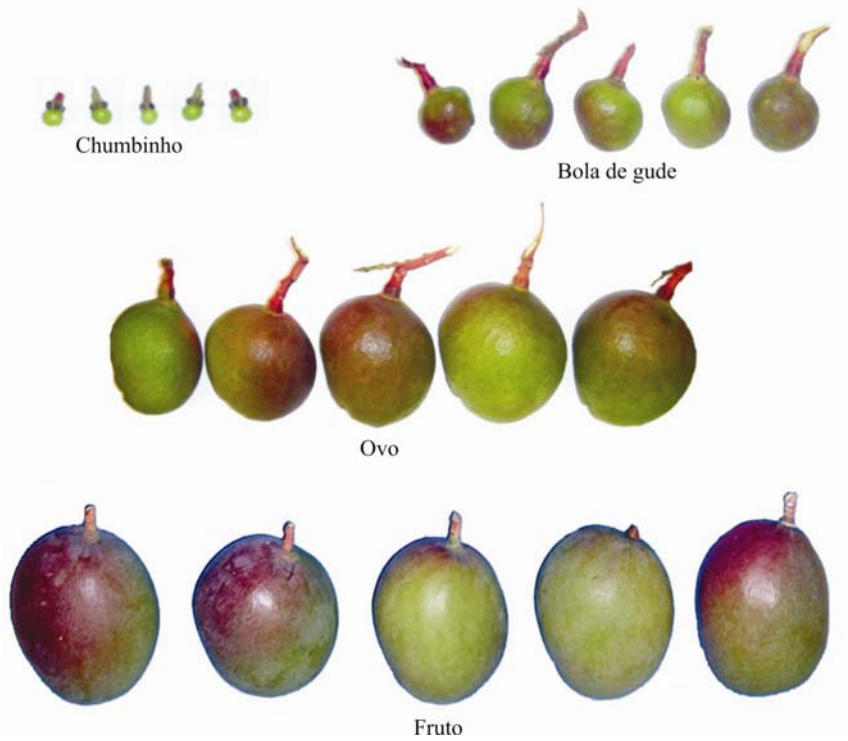

FIGURA 8 – Frutos de mangueira 'Tommy Atkins' nos estádios chumbinho ($DL_{Médio}$= 0,28cm e $DT_{Médio}$= 0,29cm), bola de gude ($DL_{Médio}$= 2,4cm; $DV=_{Médio}$ 2,12cm; e $DT_{Médio}$= 1,83cm), ovo ($DL_{Médio}$= 6,35cm; $DV_{Médio}$= 5,54cm; e $DT_{Médio}$= 4,48cm) e fruto ($DL_{Médio}$= 8,06cm; $DV_{Médio}$= 6,09cm; e $DT_{Médio}$= 5,22cm).

4.4 Avaliações físicas

As análises de variância (TABELAS 1A a 3A) revelaram efeito significativo do tempo de colheita para todas as características físicas analisadas.

4.4.1 Aspectos morfológicos externos

Os aspectos morfológicos externos de mangas da cv. Tommy Atkins dos 35 aos 112 DAA encontram-se na TABELA 5. Observa-se que os frutos só apresentaram características ideais para colheita a partir de 105 DAA. Os resultados aqui encontrados são concordantes com as recomendações disponíveis na literatura (MEDLICOTT e REYNOLDS, 1988; ALVES et al., 2002; REID, 2003; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

TABELA 5 – Aspectos morfológicos externos de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Dias após a antese (DAA)	Aspectos morfológicos externos					
	FO[1]	TC[2]	BC[3]	DPB[4]	FN[5]	FA[6]
35	canivete	rugosa	ausente	próximo	afilado	agudo
49	canivete	rugosa	ausente	próximo	afilado	agudo
63	canivete	rugosa	ausente	próximo	afilado	agudo
70	canivete	rugosa	ausente	próximo	afilado	agudo
77	canivete	rugosa	ausente	próximo	afilado	agudo
84	canivete	rugosa	ausente	próximo	afilado	agudo
91	canivete	rugosa	ausente	próximo	afilado	agudo
98	canivete	rugosa	ausente	próximo	afilado	agudo
105	cheio	lisa	presente	espaçado	achatado	obtuso
112	cheio	lisa	presente	espaçado	achatado	obtuso

[1]Formato do ombro. [2]Textura da casca. [3]Brilho da casca. [4]Distanciamento das pontuações brancas. [5]Formato do nariz. [6]Formato do ápice.

4.4.2 Diâmetros longitudinal, ventral, transversal e produto dos diâmetros

Na FIGURA 9, verifica-se que os diâmetros longitudinal, ventral e transversal apresentaram comportamento quadrático em resposta à variação de tempo, onde as mangas aumentaram em tamanho até 70 DAA quando se avalia o diâmetro longitudinal e até 77 DAA quando se considera os diâmetros ventral e transversal, e após estes períodos praticamente se mantêm constante. Neste sentido, Leite et al. (2005) pesquisando as características físicas da manga cv. Tommy Atkins produzida na região do Vale do São Francisco, município de Petrolina, PE, no período de setembro a outubro de 2004, obtiveram os seguintes valores médios respectivamente para diâmetros longitudinal, ventral e transversal: 10,89; 9,55 e 8,67 cm. Estes valores são da mesma ordem de grandeza dos obtidos neste trabalho (10,79; 8,51 e 8,05 cm aos 112 DAA). Mendonça (2000) também obteve valores semelhantes para 'Tommy Atkins' cultivada em Jaguaruana-CE para o mesmo período de colheita (11,53; 8,73; e 7,95 cm).

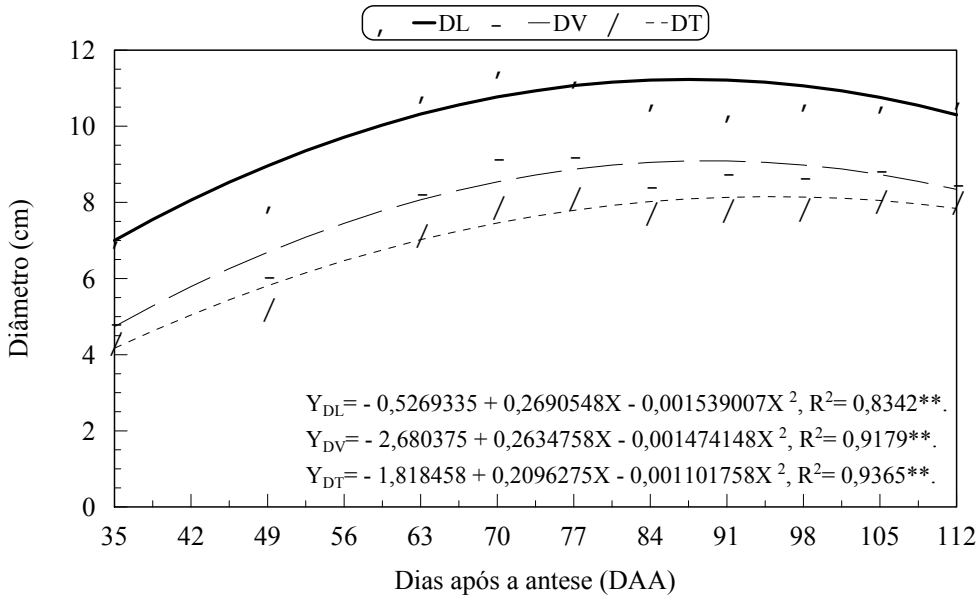

FIGURA 9 – Diâmetros longitudinal (DL), ventral (DV) e transversal (DT) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

A FIGURA 10 indica que o produto dos diâmetros apresentou comportamento quadrático em resposta à variação de tempo. Conforme Morais (2001) e Castro Neto e Reinhardt (2003), pode-se estimar com precisão as massas fresca e seca das mangas cvs. Tommy Atkins e Haden, respectivamente, a partir do produto dos diâmetros. Morais (2001) também constatou que o produto dos diâmetros máximo foi alcançado aos 103 dias após floração plena (DAFP) com 874,60 cm^3, enquanto neste trabalho foi alcançado aos 77 DAA com 856,84 cm^3. Entretanto, ao ser analisada a curva de regressão o ponto máximo do produto dos diâmetros ocorreu por volta dos 91,17 DAA (812,42 cm^3).

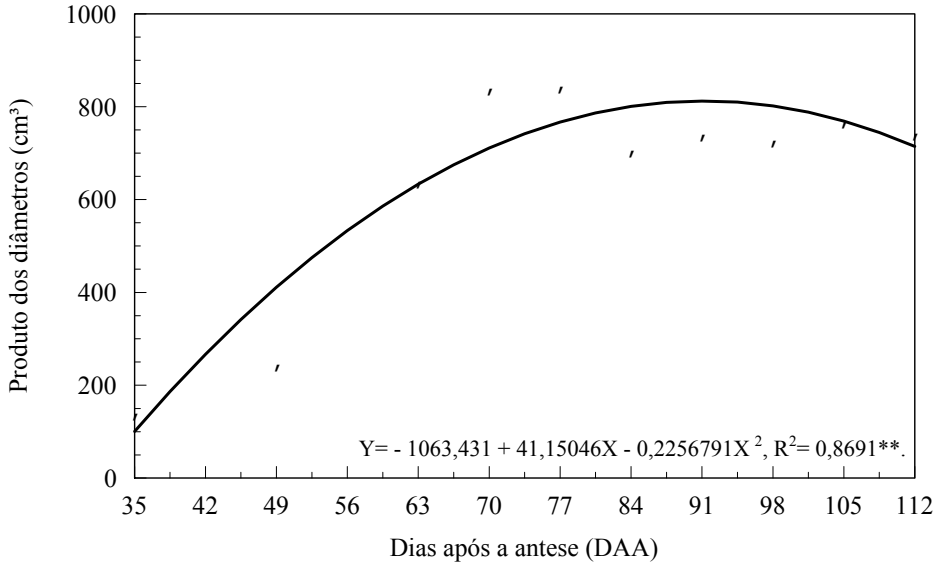

FIGURA10 – Produto dos diâmetros de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

4.4.3 Massas fresca, seca, de água e o teor de água

Os efeitos fixos de tratamentos para massa fresca, massa seca e teor de água são explicados em 90% pela equação de regressão cúbica (R^2= 0,9228, R^2= 0,9816 e R^2= 0,9145 respectivamente), enquanto que para a massa de água, 86% pela equação de regressão quadrática (FIGURA 11).

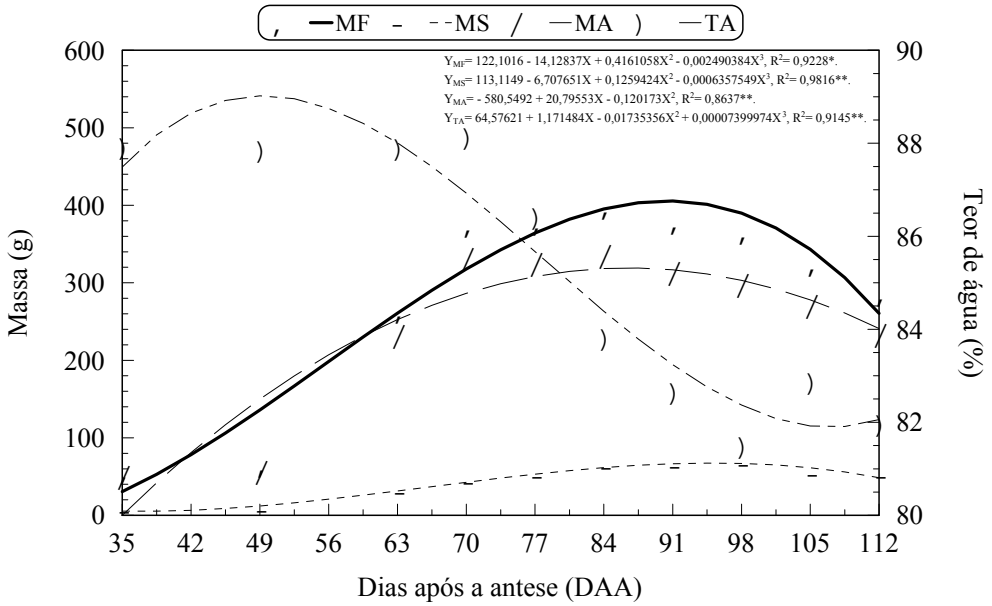

FIGURA 11 – Massas fresca (MF), seca (MS), de água (MA) e o teor de água (TA) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Observa-se ainda na Figura 11 que o acúmulo da massa seca ocorreu até 98 dias após a antese (DAA) coincidindo com a mudança da coloração da casca na escala Blush de 3 para 4 (FIGURA 12). O percentual da cor vermelha evoluiu da faixa de >25-50% para >50-75%. Isto caracteriza o início da maturação do fruto, quando simultaneamente registrou-se o menor teor de água. A diferença de acúmulo da massa seca entre 91 e 98 DAA foi de apenas 1,90 g. Este conjunto de resultados sugere que, para as condições estudadas, a manga cv. Tommy Atkins atinge a maturação aos 98 DAA.

O período registrado neste trabalho (98 DAA) foi superior aos 75 dias para a cv. Haden atingir o ponto de colheita (CASTRO NETO e REINHARDT, 2003), na mesma região, e aos 90 dias relatados para outras cultivares, como Langra, Alphonso, Dashehari e Krishnabhog, na Índia (SUBRAMANYAN et al., 1975). Estas diferenças podem ser atribuídas a variações no ciclo de crescimento das plantas e, conseqüentemente, na duração do período reprodutivo e de crescimento do fruto. No entanto, Morais (2001), estudando o ponto

de maturidade para colheita e a vida útil da manga ‘Tommy Atkins’ para o mercado Europeu, cultivada no Pólo Mossoró-Assú, Rio Grande do Norte, constatou que 96 dias após a floração plena pode ser considerado como um indicador do ponto de colheita.

A taxa de acúmulo da massa seca no fruto foi maior no período de 49 a 98 DAA. Conforme Castro Neto e Reinhardt (2003), o acúmulo da massa seca pode ser conseqüência de maior participação da fotossíntese no período, associada à translocação da matéria seca de outras partes da planta para o fruto, sendo que a remobilização de fotoassimilados previamente fotossintetizados é de 40-50% da massa seca do fruto.

Os valores máximos da massa fresca e massa de água do fruto foram, respectivamente, 400,00 g e 335,66 g, aos 84 DAA, havendo em seguida decréscimo, associado à redução no conteúdo de água do fruto, corroborando assim, com os resultados de Castro Neto e Reinhardt (2003), que estudando o crescimento de frutos, cv. Haden, constataram que os valores das massas fresca e de água máximos foram atingidos antes de chegar à maturidade, isto é, quando a massa seca foi máxima.

4.4.4 Escalas de coloração da casca e da polpa

Embora nem todos os frutos mudem de cor durante o amadurecimento, esta é uma das características mais associadas ao ponto de colheita e maturidade para consumo (TUCKER, 1993). Esta afirmação é particularmente verdadeira na colheita da manga. As avaliações de mudança de coloração da casca nas escalas de coloração da casca (ECC), de Blush para coloração da casca (EBCC) e de coloração da polpa (ECP) mostram claramente esta tendência na FIGURA 12, quando atingiram a máxima coloração aos 98 DAA.

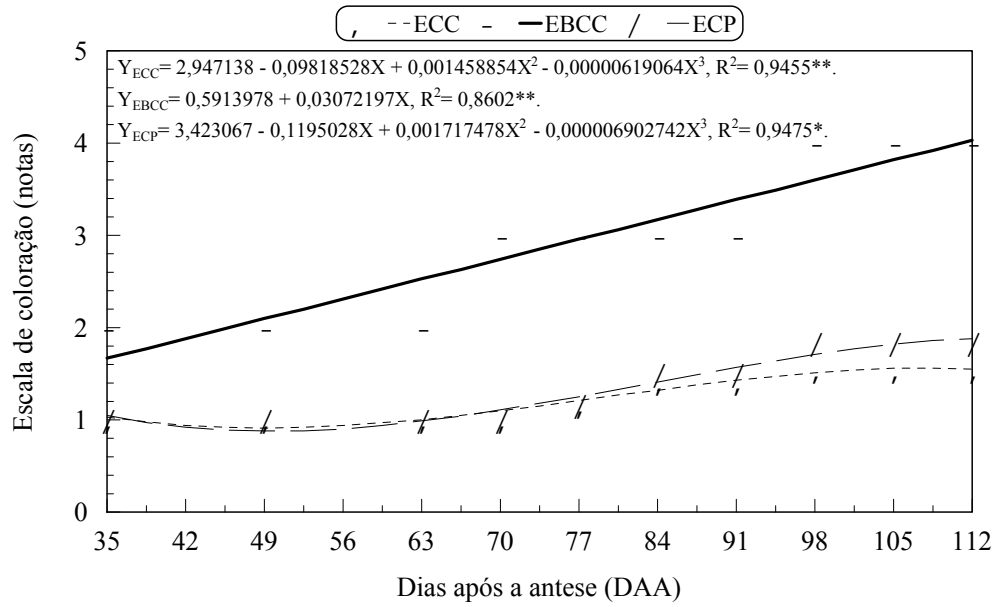

FIGURA 12 – Escalas de coloração da casca (ECC), de Blush para coloração da casca (EBCC) e de coloração da polpa (ECP) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Neste trabalho a ECP aumentou de 1,00 aos 35 DAA para 1,83 aos 98 DAA, mantendo-se estável até os 112 DAA. Por outro lado, Morais (2001) estudando esta mesma cultivar observou um aumento na ECP de 2,25 aos 82 DAFP para 3,15 aos 103 DAFP. Esta discrepância talvez seja devido ao fato de que as mangas deste trabalho terem sido marcadas mais precocemente que as do estudo de Morais (2001), pois floração plena equivale a 80-90% da emissão de panículas enquanto no presente trabalho foi feito a marcação quando havia apenas 65% de emissão de panículas.

Alves et al. (2002) recomendam colher a manga com ECC 2,0 e ECP variando de 2,0 a 3,0 e Chitarra e Chitarra (2005) com ECC e ECP 3,0, o que aproxima-se dos valores detectados no intervalo das colheitas de 98 a 112 DAA para ECC (1,54) e também para ECP (1,83) neste estudo.

4.4.5 Coloração da polpa

A luminosidade representa o brilho da superfície ou a quantidade de preto. Na manga 'Tommy Atkins', houve variação estatisticamente significativa da luminosidade da polpa durante o período estudado (FIGURA 13), embora o coeficiente de determinação tenha sido

inferior a 0,70 (R^2= 0,6883). O valor médio obtido foi de 67,26, numa escala em que o máximo corresponde a 100 e mostra uma tendência de aumento durante o desenvolvimento.

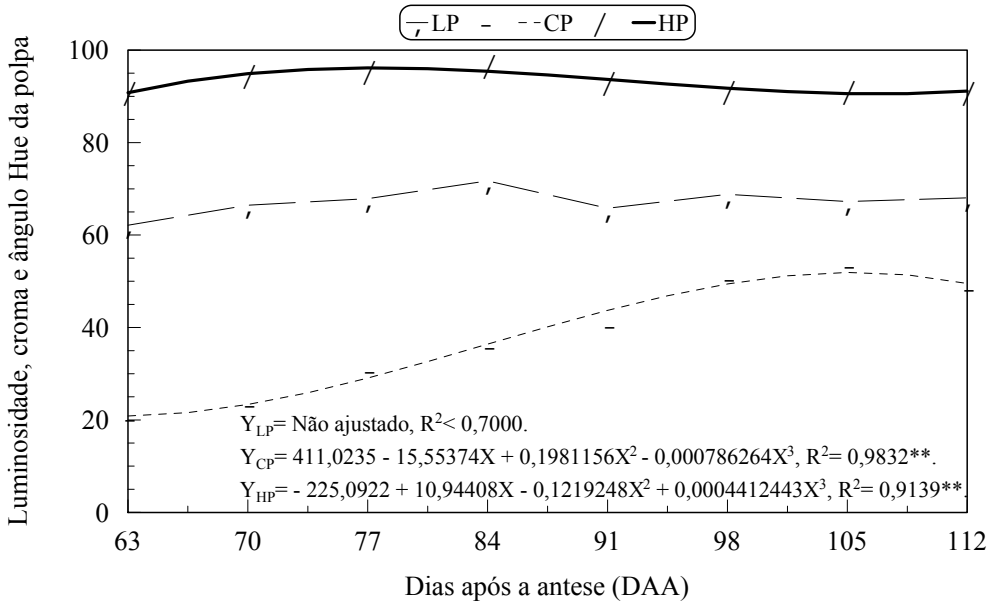

FIGURA 13 - Luminosidade (LP), croma (CP) e ângulo Hue da polpa (HP) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Estes resultados são semelhantes aos de Morais (2001), quando estudando esta mesma cultivar de 82 a 103 dias após floração plena (DAFP) obteve aumento de luminosidade e um valor médio de 73,75.

Por outro lado, na FIGURA 13 evidencia-se que as mudanças no croma e no ângulo Hue asseguram diferenças de cor entre os frutos imaturos e maturos, apoiados por altos coeficientes de determinação (R^2= 0,9832 e R^2= 0,9139).

Para o croma, ocorreu um aumento gradual até os 105 DAA (53,56), indicativo de degradação de clorofila e síntese de carotenóides já que o aumento no croma reflete o aumento na intensidade da cor amarela. Este resultado difere dos de Morais (2001), que analisando 'Tommy Atkins' detectou o ponto máximo aos 96 DAFP (59,38).

O ângulo Hue, que representa a variação de cor do verde (verde intenso= 180º) para o amarelo (amarelo intenso= 90º), por sua vez, apresentou resposta menos característica. Aumentou dos 63 aos 84 DAA (90,96 para 96,83) e depois reduziu até aos 112 DAA (91,03). Morais (2001) também registrou aumento no valor do croma e redução no ângulo Hue (passagem do verde para o amarelo) em mangas 'Tommy Atkins' colhidas de 82 a 103 DAFP.

Em muitos frutos, a luminosidade é a característica da cor da polpa que varia mais significativamente durante o amadurecimento. É o que ocorre, por exemplo, nas mangas

‘Lippens’ e ‘Smith’, que reduz a luminosidade com o avanço da maturação, conforme observado por Marin e Cano (1992), embora cultivares como Tommy Atkins desenvolvam uma cor laranja intensa do mesocarpo, tornando o croma uma variação mais significativa (MITCHAM e McDONALD, 1992), o que pode ser constatado neste trabalho.

4.4.6 Firmeza

A firmeza da polpa das mangas aos 35, 49, 63, 70, 77, 84, 91, 98 e 105 dias após a antese (DAA), ultrapassaram a 128,99 N, portanto, não conseguimos determiná-las, uma vez que, o penetrômetro utilizado nas aferições só registrava até 128,99 N, no entanto, a TABELA 6 apresenta os valores médios da firmeza, em mangas da cv. Tommy Atkins, aos 112 DAA. Neste sentido, Rocha et al. (2001) também não conseguiram determinar a firmeza da polpa de mangas ‘Tommy Atkins’ no estádio 1 (1,1 para ECC e 1,3 para ECP), no entanto, obtiveram no estádio 2 (2 para ECC e 2,1 para ECP; 96,14 N) resultados semelhante aos 112 DAA deste trabalho (estádio 1,54 para ECC e estádio 1,83 para ECP; 111,57 N). Sendo assim, Morais (2001) estudando a maturação desta mesma cultivar, aos 82 DAFP também não conseguiu determinar a firmeza, embora, aos 89 DAFP tenha encontrado um valor médio de 110,78 N, o que ratifica esta pesquisa. Portanto, a firmeza os 89 DAFP do trabalho de Morais (2001) equivalem firmeza aos 112 DAA deste trabalho.

TABELA 6 - Valores médios da firmeza da polpa, em mangas da cv. Tommy Atkins, aos 112 DAA.

Repetições	Textura (N)
	112 DAA
1	100,64
2	112,31
3	121,76
Média	111,57

Medlicott e Reynolds (1988) recomendam colher a manga com a firmeza variando de 107,84 a 127,45 N e Alves et al. (2002) com firmeza de 129,41 N, o que coincide com os valores observados no intervalo das colheitas de 105 a 112 DAA deste trabalho.

4.4.7 Unidades de calor (graus-dia)

A TABELA 7 apresenta os valores de unidades de calor a partir da diferenciação do ramo até antese e da antese até o início da frutificação em mangueira, cv. Tommy Atkins. O número de unidades de calor necessário para atingir a panícula padrão 1 (479,82ºC) é maior que para atingir o padrão 2 (405,02ºC), pois no padrão 1 o percentual de flores visualmente abertas na panícula é de 100% e o percentual de fecundação visualmente é menos de 5%, enquanto no padrão 2 o percentual de flores visualmente abertas na panícula é 90% e o percentual de fecundação visualmente é 0%. Consequentemente, o número de unidades de calor necessário para atingir os estádios chumbinho, bola de gude, ovo e fruto no padrão 1 será menor que no padrão 2. Mosqueda-Vázquez e Ireta-Ojeda (1993) encontraram resultados semelhantes para o desenvolvimento da inflorescência de manga 'Manila', pois com uma temperatura base (T_{base}) de 12ºC foram necessários 434,7ºC.

TABELA 7 – Valores de unidades de calor a partir da diferenciação do ramo até a antese e da antese até o início da frutificação em mangueira, cv. Tommy Atkins.

Fase fenológica	Unidades de calor (ºC)	
	Panícula padrão 1	Panícula padrão 2
Estádio padrão[1]	479,82	405,02
Estádio chumbinho[2]	40,29	80,20
Estádio bola de gude[2]	237,44	304,45
Estádio ovo[2]	522,12	570,80
Estádio fruto[2]	751,52	803,81

[1]A partir da diferenciação. [2]A partir da antese.

Os valores de unidades de calor a partir da antese até o fim da frutificação em mangueira, cv. Tommy Atkins encontram-se na TABELA 8. Observa-se que o número de unidades de calor variou de 554,61ºC aos 35 DAA a 1.939,70ºC aos 112 DAA. O valor de unidades de calor calculado para 112 DAA é quase duas vezes o valor relatado por Oppenheimer, 1947 apud Singn, 1977 (1.000ºC) e mais que duas vezes (866ºC) o valor relatado por Burondkar et al. (2000) para manga 'Ratna' aos 112 DAA com T_{base} de 17,9ºC. Este valor pode ser afetado pela T_{base} subestimada. Mais localidades, em épocas diferentes e durante vários anos deverão ser consideradas em estudos futuros para validar esta nova metodologia de determinação da maturidade da manga, uma vez que, é necessário a repetitividade dos resultados para a sua validação.

TABELA 8 – Valores de unidades de calor a partir da antese até o fim da frutificação em mangueira, cv. Tommy Atkins.

Fase fenológica	Unidades de calor (ºC)
35 DAA[1]	554,61
49 DAA	786,27
63 DAA	1.038,89
70 DAA	1.165,97
77 DAA	1.295,96
84 DAA	1.421,97
91 DAA	1.549,60
98 DAA	1.685,09
105 DAA	1.810,88
112 DAA	1.939,70

[1]Dias após a antese.

4.5 Avaliações físico-químicas e químicas

A partir das análises de variância, verificou-se efeito significativo do tempo de colheita sobre as variáveis estudadas, com exceção de pectina solúvel, percentagem de solubilização de pectina e pectinas de baixa metoxilação (TABELAS 4A a 8A).

4.5.1 Sólidos solúveis totais

O aumento no teor de SST durante o desenvolvimento foi contínuo, partindo-se de 5,6ºBrix aos 35 DAA, para 8,5ºBrix aos 112 DAA, portanto, quase duplicou (FIGURA 14). Destaca-se que pela curva de regressão o máximo foi atingido aos 106,16 DAA (8,48ºBrix) e permaneceu constante até os 112 DAA. Este comportamento ratifica alguns estudos realizados em manga ‘Tommy Atkins’ que têm mostrado valores de SST, respectivamente em frutos maturos e maduros, de 7,81 e 10,46ºBrix aos 50 e 120 DAF (DUTRA et al., 2005), de 6,41 e 7,72ºBrix aos 82 e 103 DAFP (MORAIS, 2001) e de 7,5 e 10,9ºBrix aos 95 e 125 DAA (LEDERMAN et al., 1998).

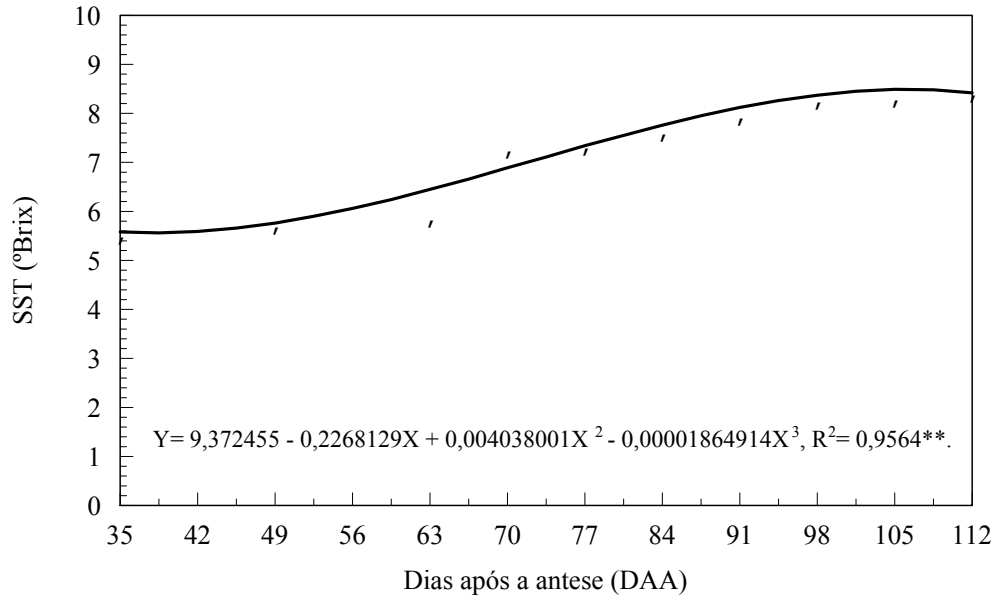

FIGURA 14 - Sólidos solúveis totais (SST) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

De acordo com Sigrist (1992), o aumento no teor de SST durante a maturação é atribuído principalmente à hidrólise dos carboidratos de reserva acumulados durante o crescimento do fruto na planta. O resultado desta hidrólise é a produção de açúcares solúveis totais (AST).

Medlicott e Reynolds (1988) recomendam colher a manga com a teor de SST variando de 7 a 8ºBrix e Alves et al. (2002) com 7,3ºBrix, o que coincide com os valores verificados no intervalo das colheitas de 70 a 91 DAA (7,36 a 8,03ºBrix) desta pesquisa.

O efeito do tempo de colheita sobre o teor de SST na manga foi altamente significativo apresentando baixo coeficiente de variação (TABELA 4A). Este comportamento propicia a adoção do conteúdo de SST como um indicador de maturidade da manga.

4.5.2 Acidez total titulável e pH

Ocorreu diminuição na ATT e aumento no pH com o avanço da maturação (FIGURA 15). As mangas colhidas aos 35 DAA apresentaram menor valor de pH, concordante com a concentração mais elevada de ATT. Este comportamento decorre do consumo de ácidos orgânicos no processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (HULME, 1974; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

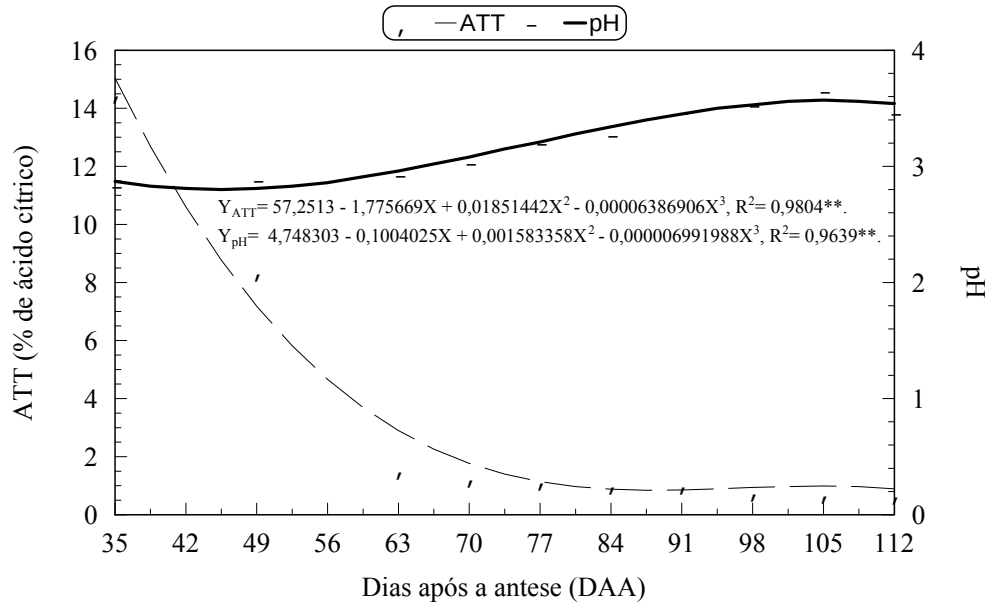

FIGURA 15 - Acidez total titulável (ATT) e pH de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

A ATT (FIGURA 15) diminuiu durante o desenvolvimento, especificamente de 35 até 112 DAA (14,63 para 0,83% de ácido cítrico). O período em que se verificou maior redução na concentração de ácidos orgânicos foi de 35 para 63 DAA. Neste período, houve um decréscimo de 12,96% na ATT. Este resultado assemelha-se com os obtidos por outros autores em manga: de 1,40 a 0,70% dos 50 aos 120 DAF (DUTRA et al., 2005), de 1,25 a 1,15% dos 82 aos 103 DAFP (MORAIS, 2001) e de 4,5 a 3,0% dos 35 aos 112 DAV (LAKSHMINARAYANA, 1970).

Comparando-se a ATT aos 112 DAA com aquela observada aos 35 DAA, verificou-se uma diminuição de aproximadamente dezoito vezes. Comportamento análogo foi obtido por Rocha (2001), quando trabalhando com manga 'Tommy Atkins' registrou uma redução de cerca de sete vezes.

Medlicott e Reynolds (1988) recomendam colher a manga com a ATT variando de 0,65 a 0,70% de ácido cítrico, o que se aproxima do valor registrado na colheita aos 112 DAA (0,83%) desta investigação.

Com 35 DAA (FIGURA 15), o pH dos frutos era de 2,84, crescendo a partir daí em função, principalmente, da redução na ATT. Aos 105 DAA, foi observado o valor máximo do pH (3,66), decrescendo aos 112 DAA (3,47). Estes resultados são coerentes com os valores mínimos e máximos de pH disponíveis na literatura para manga 'Tommy Atkins': de 3,47 a 4,09 dos 50 aos 120 DAF (DUTRA et al., 2005), de 3,52 a 3,70 dos estádios 2 a 4 (LUCENA et al., 2000) e de 3,23 a 4,51 dos estádios 1 a 5 (ROCHA, 2001).

4.5.3 Relação SST/ATT

Como conseqüência principalmente da redução na ATT, a relação SST/ATT aumenta ao longo do período avaliado (FIGURA 16). A partir de 35 até 98 DAA (0,38 para 9,14), verificou-se um incremento acentuado, equivalente a 24 vezes o valor inicial, pois corresponde ao período de maior redução do ATT, conforme mostra a FIGURA 15. Depois, até aos 112 DAA (10,13), as mudanças foram pouco representativas uma vez que as duas variáveis envolvidas na relação tiveram apenas pequenas alterações (FIGURAS 15 e 16). Este comportamento confirma o estudo de alguns pesquisadores a respeito da marcha da relação SST/ATT em manga durante o desenvolvimento com os seguintes resultados: de 5,58 a 15,10 dos 50 aos 120 DAF (DUTRA et al., 2005), de 5,13 a 6,74 dos 82 aos 103 DAFP (MORAIS, 2001) e de 9,20 a 20,28 dos estádios 2 a 4 (LUCENA et al., 2000).

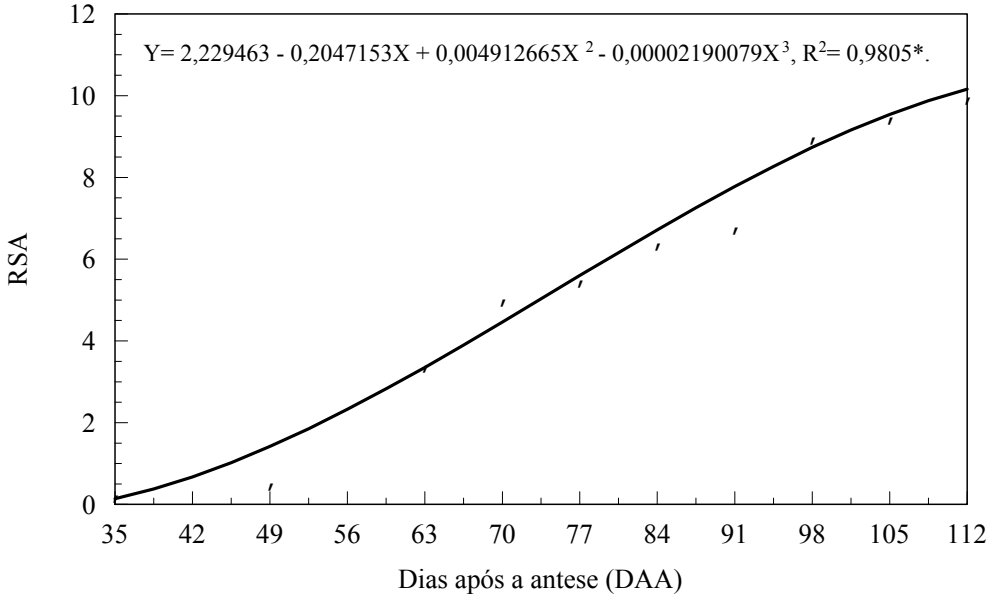

FIGURA 16 - Relação SST/ATT (RSA) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

A relação SST/ATT é mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois essa relação além de dar uma boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes, indica o sabor dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Para a colheita da manga, Medlicott e Reynolds (1988) recomendam um teor mínimo de 7 a 8ºBrix e um teor máximo de 0,65 a 0,70% de ATT, visando à obtenção de um sabor aceitável, resultando numa relação SST/ATT de 10,00 a 12,30, o que coincide com o valor

registrado na colheita aos 112 DAA (10,13) nesta pesquisa. Portanto, as mangas oriundas da colheita aos 112 DAA estavam com um sabor aceitável ao paladar do consumidor.

4.5.4 Determinação de carboidratos

O teor de amido cresceu quadraticamente durante o desenvolvimento, partindo de 2,11% aos 63 DAA para 4,48% aos 112 DAA (FIGURA 17). Resultados equivalentes foram obtidos por Dutra et al. (2005) com esta mesma cultivar, ao detectarem aumento no teor de amido a partir de 50 dias após a florada - DAF (2,23%) até 120 DAF (9,77%).

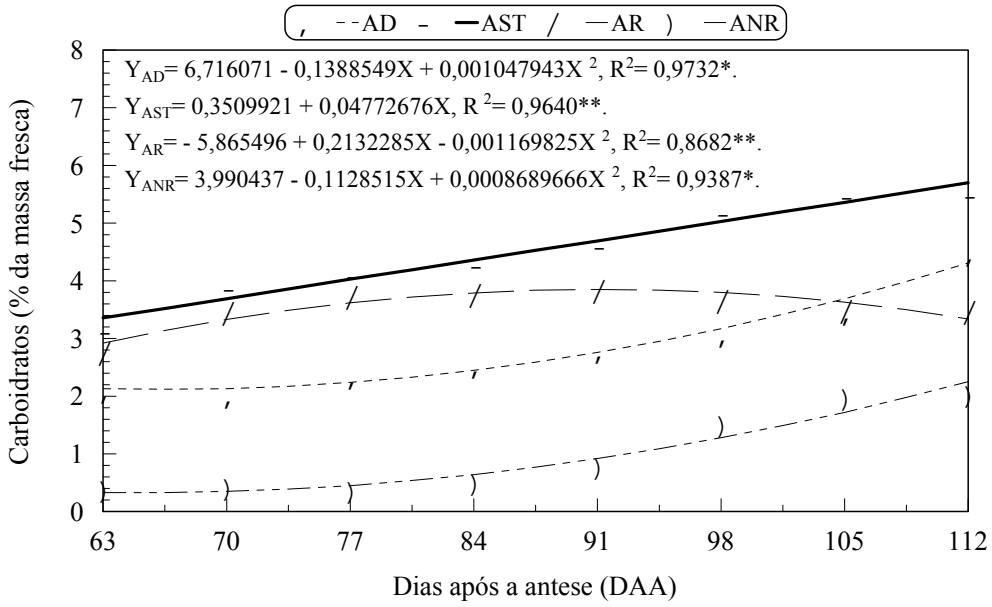

FIGURA 17 - Amido (AD), açúcares solúveis totais (AST), redutores (AR) e não redutores (ANR) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Comportamento também semelhante foi observado por Lakshminarayana et al. (1970), pois conforme estes autores, durante a permanência da manga na planta, o acúmulo de amido é a principal atividade nos tecidos da polpa, cujo teor aumenta de 1,5% após o vingamento para 13% quando atinge o completo desenvolvimento, no entanto, após a colheita esse amido é totalmente hidrolisado em 8 dias.

Por outro lado, Morais (2001) também estudando a maturação da 'Tommy Atkins' constatou um decréscimo do teor de amido de 4,14% aos 82 DAFP para 3,18% aos 103 DAFP. Conforme já comentado anteriormente, possivelmente, a colheita foi realizada em

estádio mais avançado do que o usado neste trabalho, o que leva a crer que este é o motivo porque não se observou a queda do amido, pois a manga aos 112 DAA (4,48%) é equivalente a manga aos 82 DAFP (4,14%). Portanto, só seria possível constatar esta queda se tivesse sido feito colheitas após os 112 DAA. Rocha et al. (2001) pesquisando esta mesma cultivar também verificou um decréscimo no conteúdo de amido do estádio 1 (6,81%) para o estádio 5 (3,04%).

O teor de AST (FIGURA 17), como principal constituinte dos SST, acompanhou o aumento observado neste durante o desenvolvimento. Os frutos, aos 63 DAA, tinham 3,14% de AST, que representavam 52,68% do teor de SST naquela data (5,96ºBrix). Com a maturação, verificou-se ganhos linearmente crescentes nos teores de AST, que, inclusive, passaram a representar percentuais cada vez maiores dos SST. Aos 112 DAA, os frutos tinham 5,50% de AST, que equivaliam a 64,70% dos SST (8,50ºBrix). Portanto, durante a maturação houve um aumento de cerca de 1,75 vezes nos teores de AST.

Resultados semelhantes foram obtidos por Morais (2001) onde, com esta mesma cultivar, o teor de AST aumentou de 3,07% aos 82 DAFP para 4,72% aos 103 DAFP. Em estudos realizados com 'Tommy Atkins' por Rocha et al. (2001), o teor de AST aumentou de 4,11% no estádio 1 para 13,59% no estádio 5.

O conteúdo de AR (FIGURA 17), principalmente glicose e frutose, aumentou quadraticamente dos 63 aos 91 DAA (2,77% para 3,84%), depois diminuiu até os 112 DAA (3,48%). Aos 105 DAA o acúmulo de amido igualou-se à síntese de AR, no entanto, superou aos 112 DAA, quando a concentração de AR representou cerca de 41% dos SST. Esta resposta é comparável com a de Dutra et al. (2005), pois com esta mesma cultivar, constataram aumento no percentual de AR de 50 até 92 DAF (3,05% para 3,11%) e depois diminuiu até 120 DAF (2,94%).

Resultados coincidentes foram detectados por Rocha (2001), que verificou em manga 'Tommy Atkins' a redução no teor de AR do estádio 1 (3,76%) para o estádio 5 (2,75%). Por outro lado, Morais (2001) observou um aumento no teor de AR a partir dos 82 DAFP (1,57%) até 103 DAFP (2,34%).

O teor de ANR, onde a sacarose é o principal, aumentou quadraticamente durante o desenvolvimento da manga (FIGURA 17). Os valores observados deste grupo de açúcares foram menores que os de AR. Os frutos aos 112 DAA apresentaram valores de ANR iguais a 2,02%, representando cerca de 24% dos SST, que foi aproximadamente seis vezes maior do que o inicial (0,37%). Esta resposta assemelha-se a de Dutra et al. (2005), pois com esta

mesma cultivar, verificaram aumento de cerca de duas vezes no teor de sacarose, principal ANR, no período de 50 a 120 DAF (3,47% para 5,09%).

Resultados equivalentes foram obtidos por Morais (2001), que registrou em manga 'Tommy Atkins' aumento de cerca de duas vezes no conteúdo de ANR, no período de 82 a 103 DAFP (1,51% para 2,38%). Sendo também corroborado por Rocha (2001) que verificou um aumento no teor de ANR do estádio 1 (0,35%) para o estádio 5 (10,84%), correspondendo a um incremento de aproximadamente 31 vezes no percentual de ANR.

As proporções observadas entre ANR e AR foram crescentes a partir de 63 até 77 DAA (1:7,69 para 1:11,11) e depois decresceu até os 112 DAA (1:1,72), devido a redução quadrática dos AR e aumento quadrático dos ANR. Em período equivalente, Dutra et al. (2005) observaram que a proporção diminuiu de 1:0,87 (50 DAF) para 1:0,57 (120 DAF), Morais (2001) de 1:1,03 (82 DAFP) para 1:0,98 (103 DAFP) e Rocha (2001) de 1:10,74 (estádio 1) para 1:0,25 (estádio 5), validando a presente pesquisa.

A importância da proporção ANR:AR está diretamente relacionada ao grau de doçura dos frutos (PANGORB, 1963). Considerando que a frutose possui grau de doçura maior que a sacarose e esta por sua vez maior que a glicose e sabendo-se que a frutose e a glicose (AR) estão nas proporções de 2:1 na manga 'Keitt' (MEDLICOTT e THOMPSON, 1985), conclui-se, que os frutos que apresentarem predomínio de AR em relação aos ANR serão mais doces. Este comportamento foi evidenciado neste estudo (1:1,72 aos 112 DAA).

4.5.5 Nitrogênio

Na FIGURA 18, o conteúdo de nitrogênio total (NT) diminuiu cubicamente dos 63 aos 70 DAA (0,59 para 0,49 g/kg da massa fresca da polpa), depois aumentou até aos 105 DAA (0,84 g/kg da massa fresca da polpa) e finalmente reduziu até os 112 DAA (0,63 g/kg da massa fresca da polpa). Resultados equivalentes foram obtidos por Lakshminarayana et al. (1970), trabalhando com manga, ao detectarem redução no teor de NT do vingamento do fruto até 42 dias após o vingamento (DAV), depois aumentou até 56 DAV e finalmente reduziu até 112 DAV.

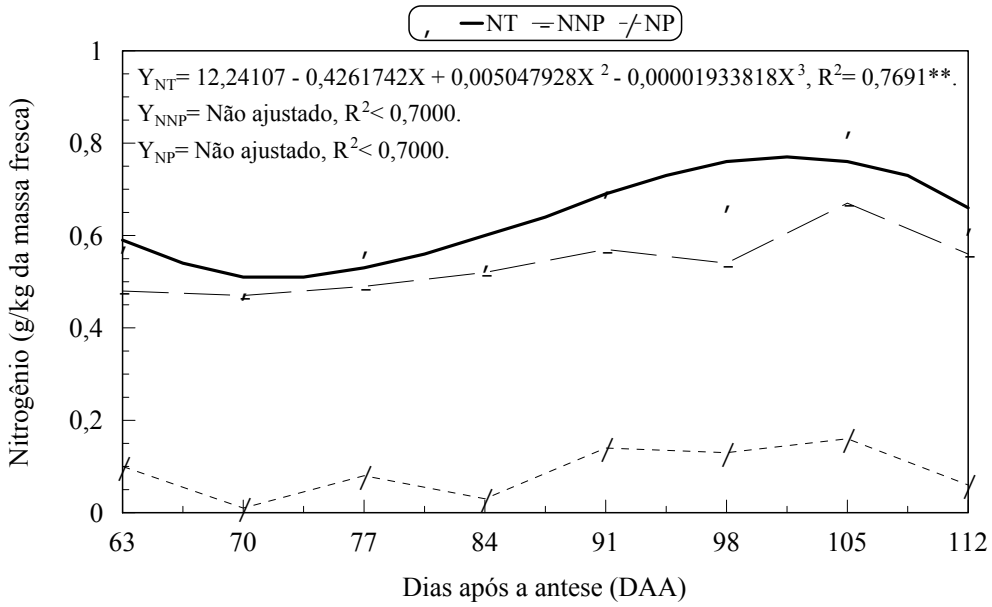

FIGURA 18 - Nitrogênio total (NT), não protéico (NNP) e protéico (NP) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Na manga 'Tommy Atkins', houve variação estatisticamente significativa do nitrogênio não protéico (NNP) e do nitrogênio protéico (NP) da polpa durante o período estudado (FIGURA 18), embora os coeficientes de determinação tenham sido inferiores a 0,70 (R^2= 0,6442 e R^2= 0,6980). O NNP e o NP mostraram uma tendência de crescimento até 105 DAA, quando suas concentrações representaram 80,24 e 19,76% do NT, respectivamente e depois decresceram até os 112 DAA, semelhantes ao NT. O valor médio obtido foi de 0,54 e 0,09 g/kg da massa fresca da polpa, respectivamente e o teor de NNP foi superior ao do NP durante todo o desenvolvimento do fruto, a pesar do incremento no ponto máximo (105 DAA) em relação ao valor inicial do NP (1,6 vezes) ter sido superior ao do NNP (1,39 vezes).

Estes resultados concordam com a afirmativa de Chitarra e Chitarra (2005) ao relatarem o papel da síntese do ácido ribonucléico (RNA) e da síntese protéica na indução do amadurecimento.

4.5.6 Proteína bruta e verdadeira

Na FIGURA 19 o teor de proteína bruta (PB) diminuiu dos 63 aos 70 DAA (3,67 para 3,07 g/kg da massa fresca da polpa), depois aumentou até aos 105 DAA (5,26 g/kg da massa fresca da polpa) e finalmente reduziu até os 112 DAA (3,96 g/kg da massa fresca da polpa),

confirmando o comportamento do NT (FIGURA 18). Este comportamento coincide com Chitarra e Chitarra (2005), ao afirmarem que as sínteses de ácidos nucléicos e proteína são mais pronunciadas nas primeiras etapas da maturação.

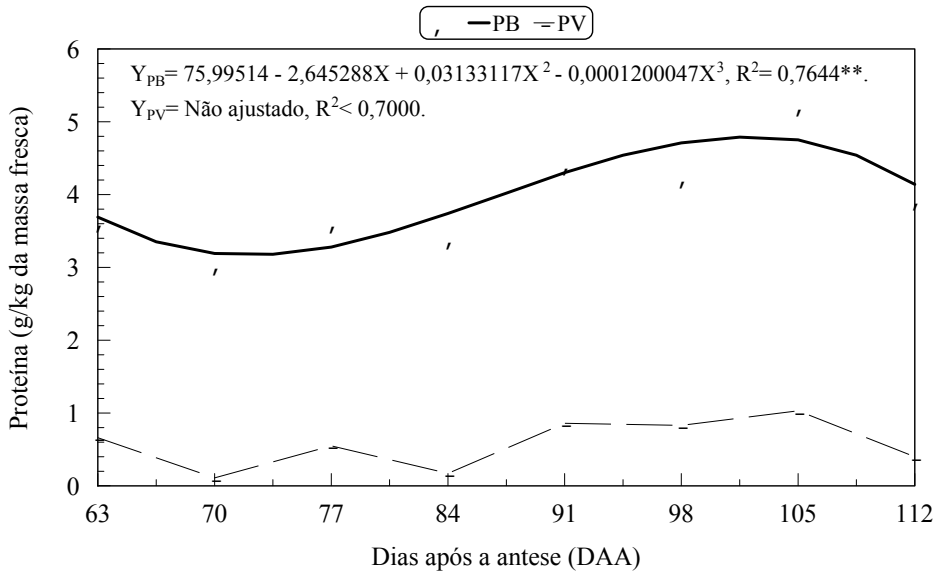

FIGURA 19 - Proteína bruta (PB) e verdadeira (PV) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Para o conteúdo de proteína verdadeira (PV) da polpa houve variação estatisticamente significativa durante o período estudado (FIGURA 19), embora o coeficiente de determinação tenha sido inferior a 0,70 (R^2= 0,6888). A PV mostrou uma tendência de crescimento até os 105 DAA e depois decresceu até os 112 DAA, semelhante ao NP (FIGURA 18). O valor médio obtido foi de 0,58 g/kg da massa fresca da polpa e o incremento aos 105 DAA foi de 1,56 vezes em relação ao valor inicial.

4.5.7 Vitamina C

Houve redução no teor de Vitamina C até 98 DAA e a partir de então ficou praticamente constante (FIGURA 20). As mangas aos 112 DAA apresentaram aproximadamente metade (12,92 mg/100 g da massa fresca da polpa) do teor inicial aos 35 DAA (21,98 mg/100 g da massa fresca da polpa). Comportamento análogo foi obtido por Lima (1997), ao detectarem redução no teor de Vitamina C total de 47,9 para 9,3 mg/100 g da massa fresca da polpa nos frutos normais de 'Tommy Atkins'.

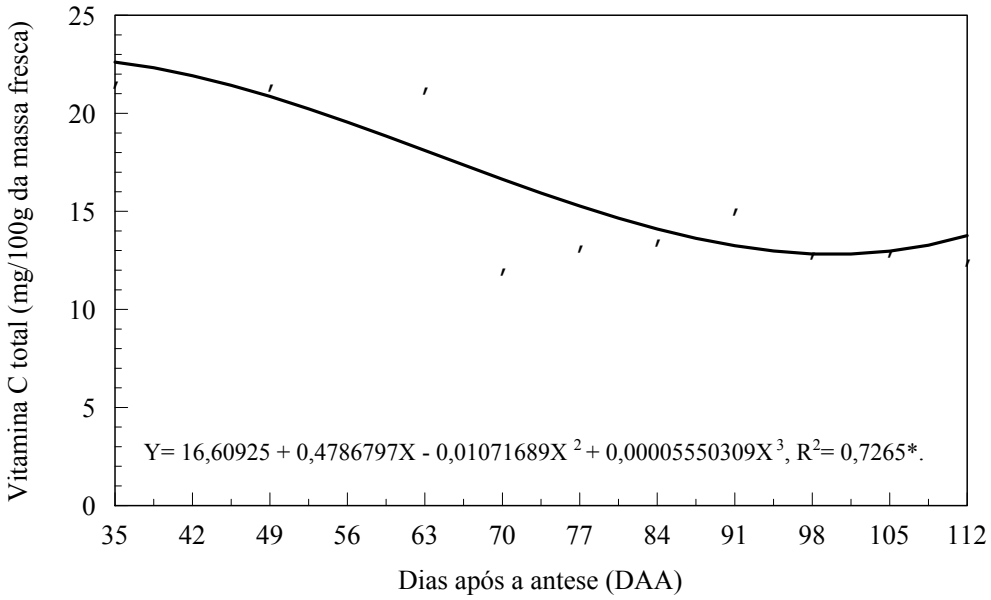

FIGURA 20 - Vitamina C de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

A redução na concentração de vitamina C durante o desenvolvimento foi acompanhada por uma diminuição no conteúdo de açúcar redutor (AR) (FIGURA 17). Segundo Menezes (1996), o ácido ascórbico é, estruturalmente, um dos componentes vitamínicos mais simples encontrados em plantas. É uma lactona de açúcar ácido que é sintetizada em plantas a partir de glicose ou outros carboidratos simples.

O comportamento observado neste experimento para os teores de vitamina C, é bastante semelhante àquele relatado por Lakshminarayana et al. (1970) em trabalho realizado com manga, concentrações médias de 175,0 e 87,5 mg/100 g da massa fresca da polpa para os estádios 35 e 112 DAV, respectivamente. Neste mesmo sentido, de acordo com Franco (2003), a manga 'Comum' madura possui 43 mg/100 g da massa fresca da polpa, por outro lado, Wills et al. (1998) afirmam que possui 30 mg/100 g da massa fresca da polpa e Salunke e Desai (1984) em 'Keitt' apenas 13,9 mg/100 g da massa fresca da polpa. As diferenças entre os teores encontrados por estes autores e os deste experimento, podem ser atribuídas à localização dos plantios, em climas e regiões distintas, diferentes tratos culturais, tipos de solos, cultivares e uso ou não de irrigação.

4.5.8 Clorofila total

Pelos resultados obtidos (FIGURA 21) evidenciou-se um aumento acentuado no conteúdo de clorofila total da casca de manga dos 35 até os 77 DAA (18,50 para 45,35 mg/100 g da massa fresca da casca), portanto, o valor inicial mais que dobrou e depois diminuiu até os 112 DAA (30,27 mg/100 g da massa fresca da casca).

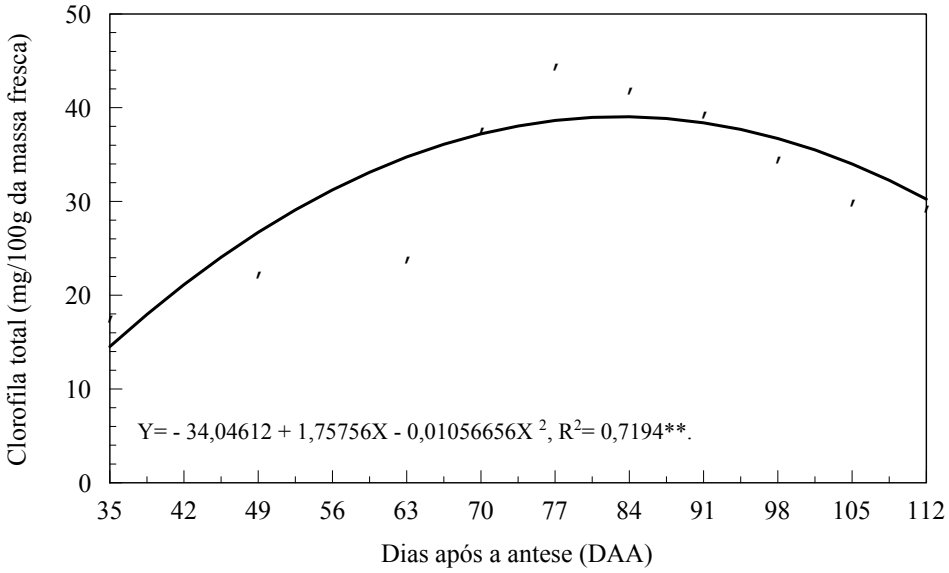

FIGURA 21 - Clorofila total da casca de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Em trabalho realizado com manga 'Tommy Atkins', Medlicott et al. (1986) observaram uma rápida destruição de clorofila, sendo a clorofila a preferencialmente degradada em relação à clorofila b. Neste mesmo sentido, Mena et al. (1996) com 'Manila' registraram comportamento semelhante ao obtido a partir dos 77 DAA neste experimento, porém os valores encontrados por aqueles autores não ultrapassaram a 4 mg/100 g da massa fresca da casca. Isto se deve, provavelmente, devido às mangas estarem em estádio de maturação mais avançado que o deste experimento.

Tendo em vista que as alterações dessa característica são bem evidentes, constata-se que a análise de clorofila total é adequada para a avaliação do grau de maturidade da manga. No período dos 77 aos 112 DAA, enquanto a clorofila diminuiu a escala de coloração da casca (ECC) aumentou (FIGURAS 12 e 21).

4.5.9 Carotenóides totais

O conteúdo de carotenóides totais aumentou quadraticamente com o avanço do desenvolvimento (FIGURA 22), dos 63 aos 112 DAA (0,26 para 1,14 mg/100 g da massa fresca da polpa, mais que quadruplicou).

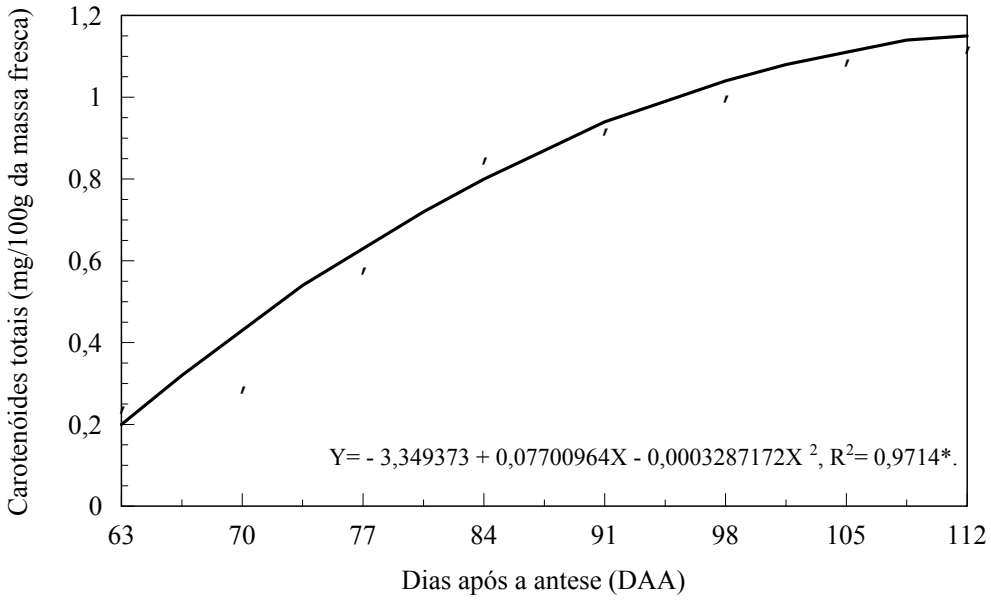

FIGURA 22 - Carotenóides totais de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Medlicott et al. (1986), em trabalho realizado com 'Tommy Atkins', encontraram um valor para carotenóides totais superior a 0,5 mg/100 g da massa fresca da polpa. Salunke e Desai (1984) estudando diversas cultivares de mangas maduras verificaram uma variação no teor de carotenóides totais de 0,9 a 9,2 mg/100 g da massa fresca da polpa. Mangels et al. (1993) ressaltam que os níveis desses pigmentos podem ser influenciados pela estação do ano, localização geográfica, condições de colheita, além de outros fatores.

Neste mesmo sentido, Salunke et al. (1991) identificaram cerca de dezesseis hidrocarbonetos e oxicarotenóides em manga e constataram que o β-caroteno (pró-vitamina A), que será transformado no organismo humano em vitamina A (retinol), é predominante no fruto totalmente maduro.

A distinção marcante de cor constatada pela observação visual, aliada às diferenças significativas de valores encontrados analiticamente para as medidas de carotenóides totais durante o desenvolvimento, faz desta variável um parâmetro adequado para a avaliação do grau de maturidade da manga, concordando com a escala de coloração da polpa (ECP) e

croma da polpa (CP), os quais aumentaram com o avanço do desenvolvimento (FIGURAS 12, 13 e 22).

4.5.10 Fenólicos

O conteúdo de fenólicos poliméricos (FIGURA 23) aumentou dos 63 aos 77 DAA (31,16 para 36,92 mg/100 g da massa fresca da polpa) e depois diminuiu até os 112 DAA (25,36 mg/100 g da massa fresca da polpa). Resultados equivalentes foram obtidos por Evangelista et al. (1999), ao detectarem, com o avanço da maturação de 'Tommy Atkins', uma elevação nos teores de compostos fenólicos, seguido de diminuição.

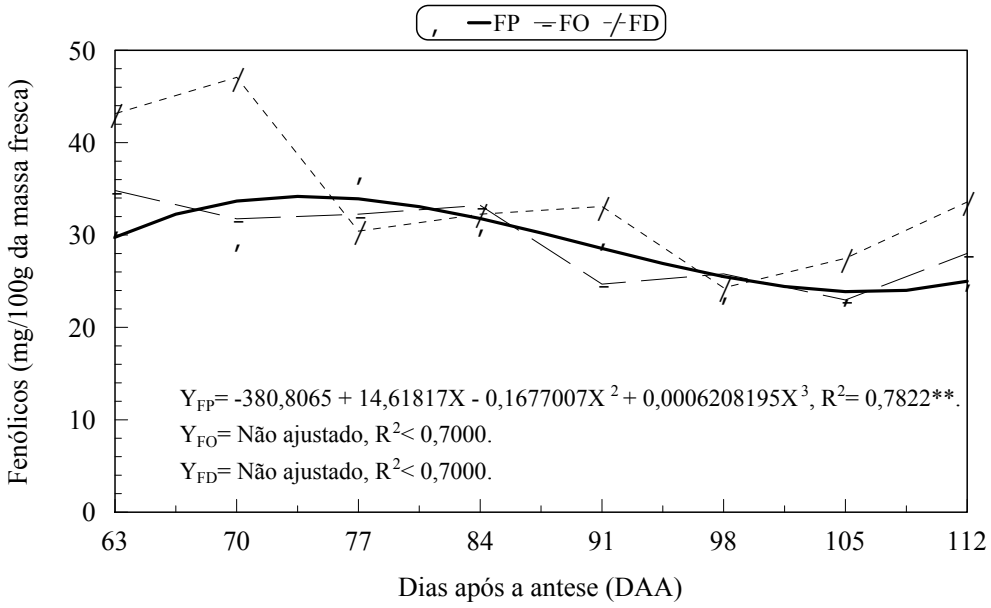

FIGURA 23 - Fenólicos poliméricos (FP), oligoméricos (FO) e diméricos (FD) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Os teores de fenólicos oligoméricos e diméricos tiveram variação estatisticamente significativa durante o desenvolvimento da manga (FIGURA 23), embora os coeficientes de determinação tenham sido inferiores a 0,70 (R^2= 0,6263 e R^2= 0,6986). A tendência observada no conteúdo de fenólicos oligoméricos e diméricos durante o desenvolvimento (63 a 112 DAA) foi de redução (34,83 para 28,01 mg/100 g da massa fresca da polpa e 43,14 para 33,58 mg/100 g da massa fresca da polpa, respectivamente). O valor médio obtido foi de 29,19 e 33,91 mg/100 g da massa fresca da polpa, respectivamente.

Ao ser considerado apenas os valores iniciais e finais, o teor de fenólicos diméricos foi superior ao dos oligoméricos e este por sua vez superior ao dos poliméricos. Este comportamento ratifica o estudo de Park et al. (1980), em trabalho desenvolvido com manga, segundo qual os fenólicos diméricos predominam sobre os demais.

O somatório dos valores médios dos compostos fenólicos desta pesquisa totaliza em 92,10 mg/100 g da massa fresca da polpa, igualando-se assim ao de Evangelista (1999), o qual detectou com esta mesma cultivar o valor médio de 93,10 mg/100 g da massa fresca da polpa no tratamento controle. Por outro lado, os dados obtidos são superiores aos citados por Lakshminarayana (1980), no qual os compostos fenólicos em mangas maduras variaram de 31 a 75 mg/100 g da massa fresca da polpa e aos de Lima (1997), quando constatou uma variação de 13,75 a 31,87 mg/100 g da massa fresca em mesocarpo de manga sadia. Esta diferença pode ser atribuída a diversos fatores que, segundo Lizada (1993) são dependentes da espécie e/ou cultivar, do estádio fisiológico e da localização.

A perda da adstringência é conseqüência do decréscimo dos compostos fenólicos e do concomitante acúmulo de açúcares que ocorre durante a maturação (VAN BUREN, 1970; AZIZ e YUSOF, 1994).

4.5.11 Pectinas

O teor de pectina total (FIGURA 24) diminuiu dos 63 aos 91 DAA (644,62 para 252,90 mg/100 g da massa fresca da polpa) e depois aumentou, muito pouco, até os 112 DAA (301,96 mg/100 g da massa fresca da polpa). Nota-se que pela curva de regressão o mínimo do teor de pectina total ocorre aos 97,23 DAA (236,99 mg/100 g da massa fresca da polpa). O comportamento do teor de pectina total observado em parte coincide com Lima (1997) ao observar decréscimo (1275 para 375 mg/100 g da massa fresca da polpa) no teor de pectina total nas mangas ‘Tommy Atkins’ sadias. Por outro lado, Dutra (2005) observou aumento dos 50 aos 85 DAF (1050 para 1150 mg/100 g da massa fresca da polpa), depois redução até os 106 DAF (650 mg/100 g da massa fresca da polpa) e finalmente aumentou até os 120 DAF (1050 mg/100 g da massa fresca da polpa).

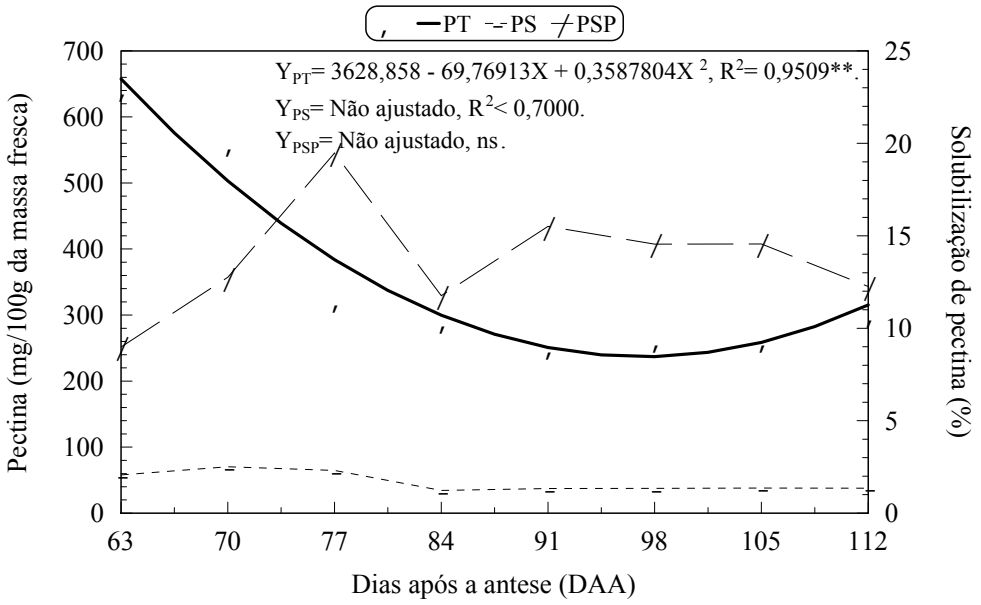

FIGURA 24 - Pectina total (PT), solúvel (PS) e percentagem de solubilização de pectina (PSP) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Para o conteúdo de pectina solúvel houve variação estatisticamente significativa durante o período estudado (FIGURA 24), embora o coeficiente de determinação tenha sido inferior a 0,70 (R^2= 0,5828). A pectina solúvel mostrou uma tendência de redução durante o desenvolvimento. O valor médio obtido foi de 47,28 mg/100 g da massa fresca da polpa.

Portanto, estes resultados concordam com os de Roe e Bruemmer (1981) e Tandon e Kalra (1984) que verificaram declínio nos teores de pectinas total e solúvel, durante o amadurecimento da manga, ao mesmo tempo em que o fruto amaciava.

As diferenças entre as percentagens de solubilização de pectina ao longo do período estudado não foram estatisticamente significativas (FIGURA 24). A percentagem de solubilização de pectina apresentou uma tendência de aumento durante o desenvolvimento. O valor médio obtido foi de 13,73%. Devido a este comportamento, a utilização desta característica não constitui um meio preciso para indicação do grau de maturidade da manga 'Tommy Atkins'.

Segundo McCollum et al. (1989), o aumento na solubilidade da pectina, provavelmente, deve-se à clivagem das ligações entre a pectina e a hemicelulose.

O conteúdo de pectinas de alta metoxilação (FIGURA 25) reduziu quadraticamente dos 63 aos 105 DAA (de 2.155,79 para 742,37 mg/100 g de sólidos insolúveis em álcool - SIA), portanto, o valor inicial diminuiu dois terços e depois aumentou aos 112 DAA (809,06 mg/100 g de SIA). Resultados equivalentes ao período a partir de 105 DAA foram obtidos por

Brinson et al. (1988), ao detectarem aumento no teor de poliuronídeos solúveis em água com o amadurecimento da manga.

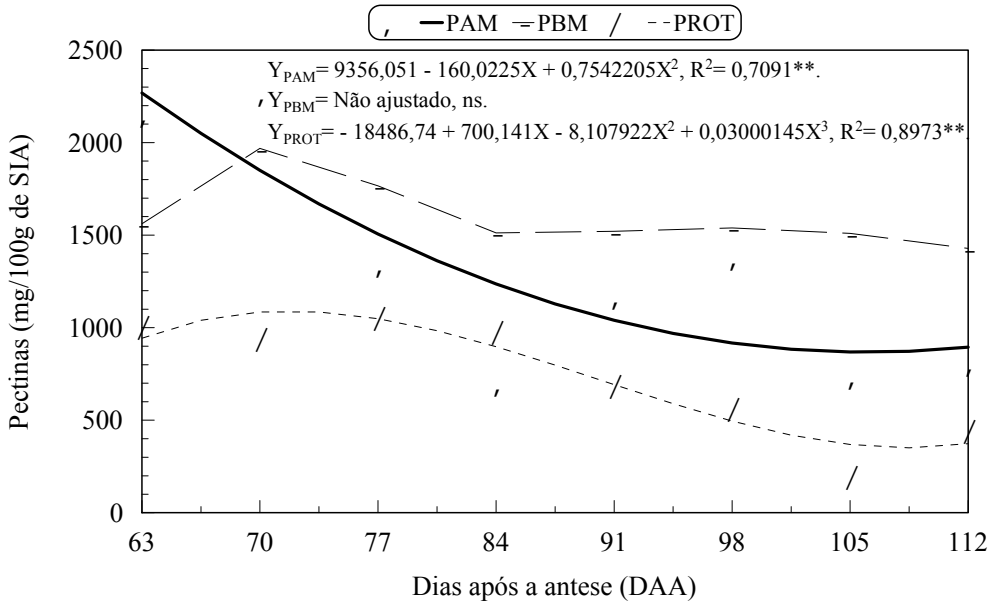

FIGURA 25 - Pectinas de alta metoxilação (PAM), de baixa metoxilação (PBM) e a protopectina (PROT) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

As diferenças entre os teores de pectinas de baixa metoxilação ao longo do período estudado não foram estatisticamente significativas (FIGURA 25). As pectinas de baixa metoxilação apresentaram uma tendência de diminuição durante o desenvolvimento. O valor médio obtido foi de 1.600,96 mg/100 g de SIA. Este resultado exclui esta característica como indicador de maturidade em mangas 'Tommy Atkins'.

O teor de protopectina (FIGURA 25) diminuiu cubicamente dos 63 aos 105 DAA (1.011,58 para 202,14 mg/100 g de SIA), portanto, o valor inicial reduziu quatro quintos e depois aumentou até os 112 DAA (445,74 mg/100 g de SIA). Este comportamento coincide com os resultados de Tandon e Kalra (1984), em manga, ao constatarem que a protopectina aumenta antes da maturidade fisiológica e decresce, em seguida, com o amadurecimento e o amaciamento. Esta fração péctica, juntamente com outros materiais cimentantes, é responsável pela manutenção da firmeza.

O teor das pectinas de baixa metoxilação (1.600,96 mg/100 g de SIA), considerando apenas os valores médios, foi superior aos de alta metoxilação (1.322,60 mg/100 g de SIA) e este por sua vez superior ao de protopectina (738,13 mg/100 g de SIA).

Em geral, as alterações nos teores de pectina durante o amadurecimento estão associadas à degradação enzimática. Porém, a conformação estrutural da molécula, unida,

pelo menos parcialmente, por interações não-covalentes, reforça a possibilidade de degradação não enzimática. Os principais fatores envolvidos neste último tipo são o pH e a força iônica da parede celular (SEYMOUR e GROSS, 1996).

4.6 Avaliações bioquímicas

Entre as variáveis submetidas à análise de variância representadas nas TABELAS 9A e 10A, não se verificou efeito significativo do tempo de colheita sobre as atividades da pectinametilesterase, β-amilásica e proteína de parede celular.

4.6.1 Pectinametilesterase e poligalacturonase

As diferenças entre a atividade da pectinametilesterase (PME) ao longo do período estudado não foram estatisticamente significativas (FIGURA 26). A atividade da PME apresentou flutuações ao longo do desenvolvimento, com tendência à estabilidade. Obviamente este comportamento desclassifica esta característica como indicador do grau de maturidade.

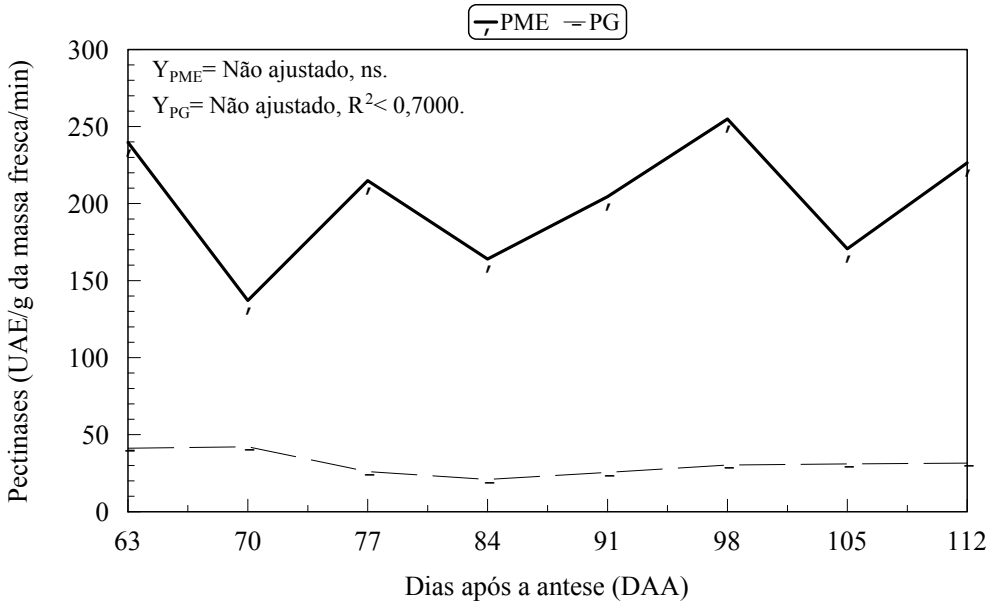

FIGURA 26 – Atividades da pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

O valor médio obtido foi de 201,54 UAE/g da massa fresca/min. Este valor médio assemelha-se com o obtido por Lima (1997) quando encontrou em mesocarpo sadio do fruto imaturo de 'Tommy Atkins' uma atividade da PME de 216,66 UAE/g da massa fresca/min. Por outro lado, Evangelista (1999) não detectou atividade de PME em nenhum dos tratamentos nos diferentes estádios de maturação.

O comportamento constatado neste ensaio nem sempre é observado. Segundo Tucker (1993), a atividade total da PME pode diminuir, permanecer constante ou aumentar durante a maturação, dependendo do fruto ou do método de extração. Em manga, tem-se obtido resultados variáveis dependendo da cultivar. Estudos desenvolvidos com as cvs. Keitt (ROE e BRUEMER, 1981), Dr Knight e Kitchner (ABU-SARRA e ABU-GOUKH, 1992) mostraram diminuição na atividade da PME durante os primeiros estádios de amadurecimento, com posterior estabilização. Já nas mangas 'Carabao' (LIZADA, 1993) e 'Abu-Samaka' (ABU-SARRA e ABU-GOUKH, 1992), verificou-se aumento inicial e subseqüente decréscimo. Por outro lado, em algumas cultivares de manga do Paquistão permaneceu constante (ASHRAF et al., 1981).

Como conseqüência destas variações, a correlação entre o nível de atividade enzimática da PME e o amaciamento da parede celular ainda não está clara (JOHN e DEY, 1986).

As mudanças na atividade da PME são difíceis de prever devido à presença de isoformas ou inibidores enzimáticos (TUCKER, 1993). Um destes inibidores, conforme Bordenave e Goldberg (1993), é o H_3O^+ que a enzima gera quando desmetila seus substratos.

Segundo Bordenave (1996), devido à alta especificidade das PMEs por metil-ésteres de galacturonanas, a desesterificação de pectinas que promove nunca é completa. Além disso, o processo não resulta diretamente no amaciamento, devendo anteceder a efetiva degradação da pectina pela PG (KAYS, 1991). Assim, Seymour et al. (1987) concluíram que a solubilização de poliuronídeos em tomates maduros pode ser resultante da atividade conjunta da PME e da PG.

Para a atividade da poligalacturonase (PG) houve variação estatisticamente significativa durante o período estudado (FIGURA 26), embora o coeficiente de determinação tenha sido inferior a 0,70 (R^2= 0,6810). A atividade da PG mostrou uma tendência de redução até os 84 DAA e depois de aumento até os 112 DAA. Este período de redução coincidiu com a queda brusca no teor de pectina total e com a maior solubilização de pectinas (FIGURA 24), sugerindo que a maior parte dos substratos da PG foram imediatamente utilizados, quando se obteve a máxima atividade. Da mesma forma, o período de crescimento coincidiu com a

subida no teor de pectina total e com a redução na solubilização de pectinas (FIGURA 24). O valor médio obtido foi de 31,08 UAE/g da massa fresca/min. Este valor médio é inferior ao encontrado por Evangelista (1999), mas supera aquele obtido por Lima (1997) que encontraram em mesocarpo sadio de fruto 'verde' de 'Tommy Atkins' uma atividade da PG de 50,0 e de 10,0 UAE/g da massa fresca/min, respectivamente.

Neste sentido, Roe e Bruemmer (1981), Abu-Sarra e Abu-Goukh (1992), Lima (1997) e Evangelista (1999) registraram aumento na atividade da PG de manga. Abu-Sarra e Abu-Goukh (1992) observaram, inclusive, uma correlação muito alta (R^2>0,96) entre o aumento da atividade da enzima e a perda de firmeza do fruto.

4.6.2 Polifenoloxidase e peroxidase

Para a atividade de polifenoloxidase (PPO) houve variação estatisticamente significativa durante o período estudado (FIGURA 27), embora o coeficiente de determinação tenha sido inferior a 0,70 (R^2= 0,6346). A atividade da PPO apresentou flutuações ao longo do desenvolvimento, com tendência à estabilidade.

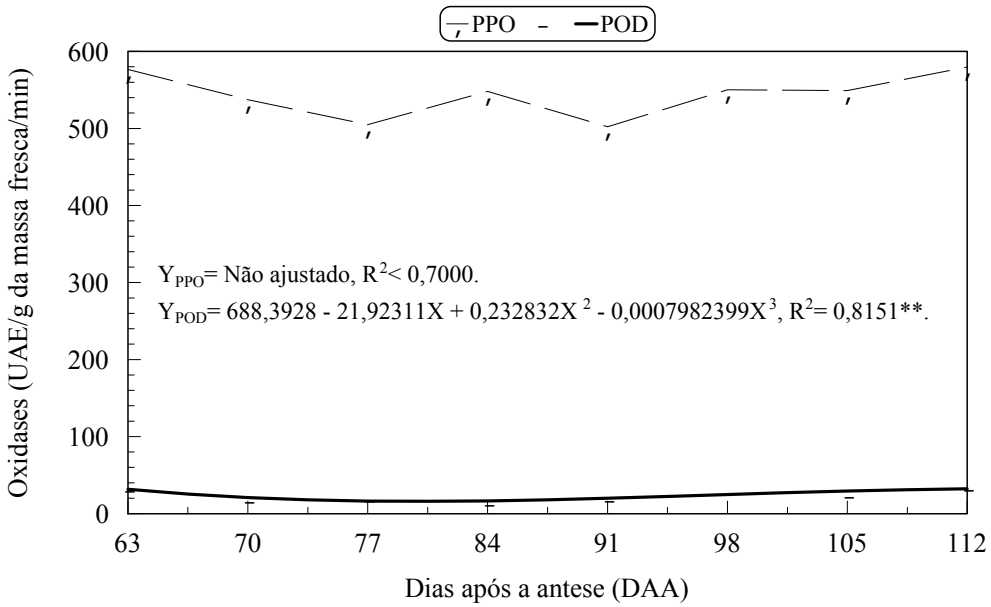

FIGURA 27 – Atividades da polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

O valor médio obtido foi de 543,48 UAE/g da massa fresca/min. Este valor médio é superior aos determinados por Evangelista (1999) e Lima (1997), em mesocarpo sadio de

fruto imaturo de ‘Tommy Atkins’ quando encontraram uma atividade da PPO de 31,5 e 15,0 UAE/g da massa fresca/min, respectivamente.

Por outro lado, Selvaraj e Kumar (1989) observaram declínio na atividade desta enzima durante o amadurecimento dos frutos de varias cultivares indianas, incluindo a ‘Alphonso’, enquanto Lizada (1993) verificou aumento na atividade, durante o amadurecimento de mangas ‘Malgoa’ e ‘Harumanis’.

Conforme a FIGURA 27, a atividade da peroxidase (POD) diminuiu cubicamente dos 63 aos 84 DAA (32,51 para 13,87 UAE/g da massa fresca/min), o que equivale a uma redução de quase dois terços do valor inicial e depois aumentou até os 112 DAA (33,58 UAE/g da massa fresca/min), correspondendo a um incremento de quase três vezes. O período de diminuição coincidiu com o aumento no conteúdo de fenólicos poliméricos (FIGURA 23), enquanto o período de aumento coincidiu com a diminuição de fenólicos poliméricos, sugerindo a associação entre enzima e substrato e, conseqüentemente, à perda de adstringência aos 112 DAA. Estes resultados são superiores aos de Lima (1997) que em mesocarpo sadio de ‘Tommy Atkins’ armazenado por 28 dias, verificou uma variação de 6,66 a 10,0 UAE/g da massa fresca/min.

Comparando-se as atividades da PPO e da POD, constata-se que a primeira além dos níveis mais altos, apresentou variações mais pronunciadas. No entanto, deve-se ressaltar que mesmo nos casos em que a atividade da POD é alta, sua ação isolada raramente é importante, pois ela depende da presença da PPO no meio, a fim de gerar o H_2O_2 necessário à ocorrência da oxidação (ROBARDS et al., 1999).

4.6.3 Amilases

A atividade amilásica total (FIGURA 28) aumentou linearmente dos 63 aos 112 DAA (2,53 para 3,00 μmol maltose/g da massa fresca/min). O período de maior atividade coincidiu com o de maior síntese de amido e de açúcares solúveis totais (FIGURA 17). Este comportamento em parte coincide com os encontrados por Lima (1997) ao observar crescimento (0,45 para 1,2 μmol maltose/g da massa fresca/min) na atividade amilásica total até aos 14 dias nas mangas ‘Tommy Atkins’ sadias armazenadas por 28 dias. Neste sentido, Awad (1993) relata que em manga ocorre um aumento na atividade amilásica e na hidrólise do amido durante a maturação, pois este é o principal carboidrato presente no fruto imaturo.

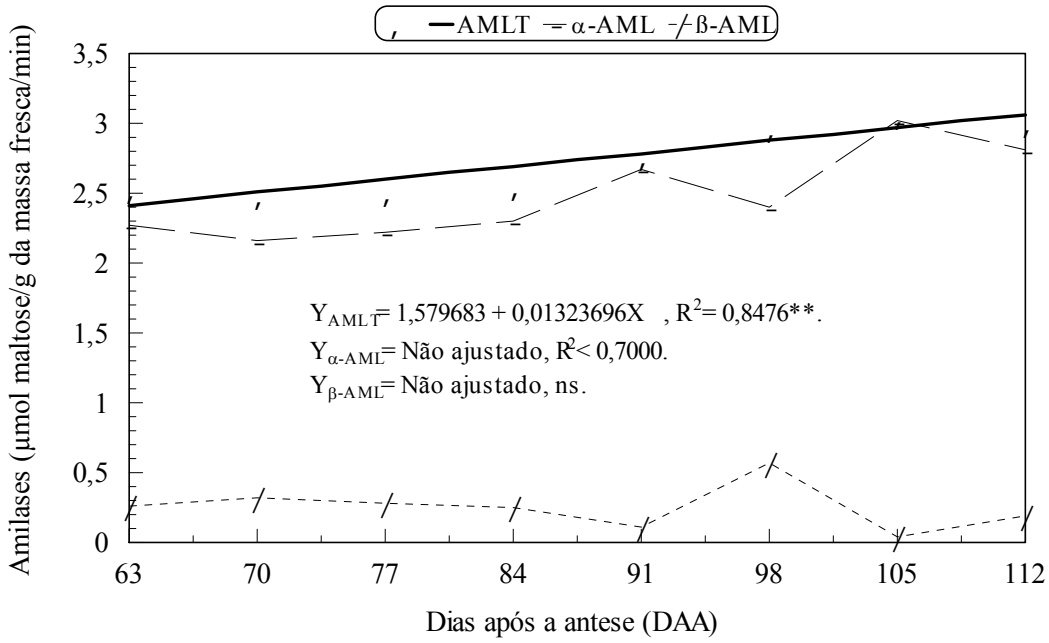

FIGURA 28 – Atividades amilásica total (AMLT), α-amilásica (α-AML) e β-amilásica (β-AML) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

De acordo com Fuchs et al. (1980), em manga, imediatamente após a colheita há atividade amilásica suficiente para iniciar a hidrólise do amido e somente depois ocorre atividade adicional. Esta atividade adicional promove um maior incremento na taxa de degradação do amido. Em frutos sobremaduros, por outro lado, a atividade amilásica é substancialmente reduzida.

Neste sentido, a hidrólise do amido, durante o amadurecimento da manga, tem sido associada com as atividades α- e β-amilásicas e, como conseqüência, ocorre um aumento dos açúcares totais durante o amadurecimento (FUCHS et al., 1980; LIZADA, 1993).

Para a atividade α-amilásica houve variação estatisticamente significativa durante o período estudado (FIGURA 28), embora o coeficiente de determinação tenha sido inferior a 0,70 (R^2= 0,6967). A atividade α-amilásica mostrou uma tendência de aumento durante o desenvolvimento. O valor médio obtido foi de 2,48 µmol maltose/g da massa fresca/min, representando cerca de 91% da atividade amilásica total. Este percentual é superior ao relatado por Awad (1993), quando afirma que a α-amilase pode ser responsável por 80% da atividade amilolítica no fruto.

As diferenças entre a atividade β-amilásica ao longo do período estudado não foram estatisticamente significativas (FIGURA 28). A atividade β-amilásica apresentou uma tendência de redução durante o desenvolvimento. O valor médio obtido foi de 0,25 µmol maltose/g da massa fresca/min, equivalendo aproximadamente a 9% da atividade amilásica

total. Por outro lado, Sen et al. (1985) observaram que a atividade β-amilásica aumentava com o desenvolvimento do fruto, declinando com a aproximação da maturidade. Este resultado exclui esta característica como indicador de maturidade em mangas do tipo 'Tommy Atkins'.

Lima (1997) estudando as transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo com tecido esponjoso em manga 'Tommy Atkins' durante o armazenamento, inferiu que a atividade amilolítica é uma importante atividade metabólica durante o amadurecimento de mangas.

4.6.4 Galactosidases

Na FIGURA 29 observa-se que as variações nas atividades α-galactosidásicas, extraídas do citosol (α-GAL_c) e da parede celular (α-GAL_p), ocorreram a partir dos 63 DAA. A atividade da α-GAL_c reduziu em cerca de dois terços dos 63 aos 77 DAA (31,50 para 10,85 UAE/g da massa fresca/min), quando alcançou o mínimo. A partir daí, verificou-se um aumento de aproximadamente cinco vezes até os 112 DAA (57,43 UAE/g da massa fresca/min). Para a α-GAL_p, os níveis de atividade foram inferiores e mostraram uma tendência de crescimento ao longo do desenvolvimento (8,13 para 12,09 UAE/g da massa fresca/min). O valor médio obtido foi de 11,28 UAE/g da massa fresca/min. Sua importância para o amaciamento do fruto deve, então, ser secundária.

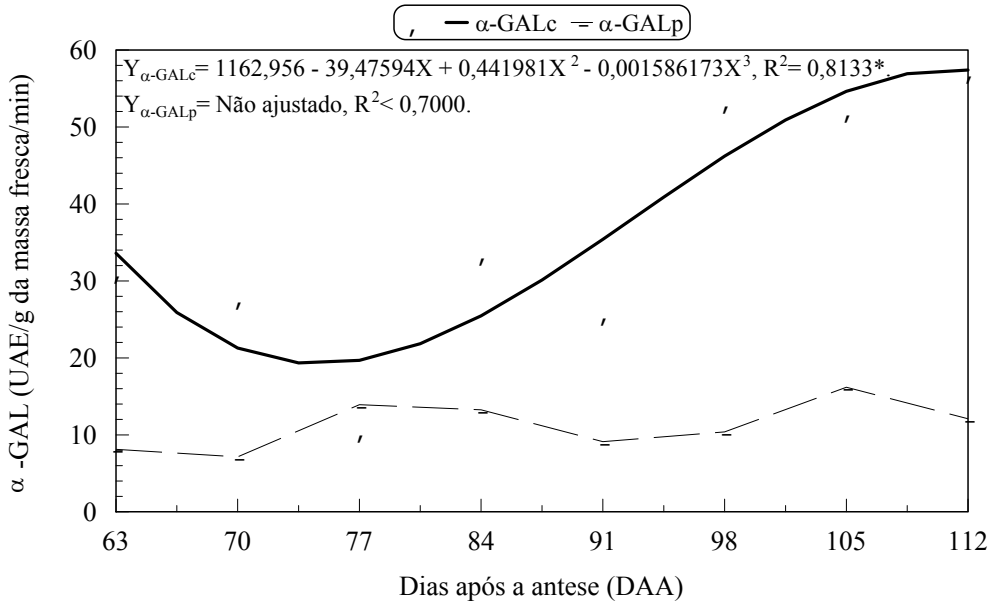

FIGURA 29 – Atividades α-galactosidásicas de citosol (α-GAL_c) e de parede celular (α-GAL_p) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Neste estudo, a atividade da α-GAL_p representou proporções cada vez menores da atividade α-galactosidásica total, a partir de 63 DAA, quando representava 20,51% (FIGURA 29). Nas mangas aos 112 DAA, esta percentagem era de apenas 17,39%. Por sua vez, trabalhos realizados em laranja 'Valência' demonstraram que mais de 75% da atividade das GALs está na fração extraída da parede celular (BURNS, 1990), enquanto, em graviola 'Crioula' reduz de 33,94 para 6,92% com o avanço da maturação durante 5 dias após a colheita (LIMA, 2002).

As atividades das β-GALs (FIGURA 30) durante o desenvolvimento foram diferentes daquelas observadas para as α-GALs. A atividade da β-GAL_c reduziu em cerca de metade dos 63 aos 84 DAA (0,22 para 0,12 UAE/g da massa fresca/min), quando alcançou o mínimo. A partir daí, verificou-se um aumento de aproximadamente dez vezes até os 112 DAA (1,16 UAE/g da massa fresca/min). Este comportamento ratifica o estudo de Evangelista (1999), em trabalho com esta mesma cultivar, segundo o qual a atividade de β-GAL_c aumentou à medida que o fruto tornava-se maduro. Para a β-GAL_p, os níveis de atividade foram no geral superiores aos da β-GAL_c e mostraram uma tendência de crescimento ao longo do desenvolvimento (0,35 para 0,79 UAE/g da massa fresca/min). O valor médio obtido foi de 0,59 UAE/g da massa fresca/min. Sua importância para o amaciamento do fruto deve, então, ser primária.

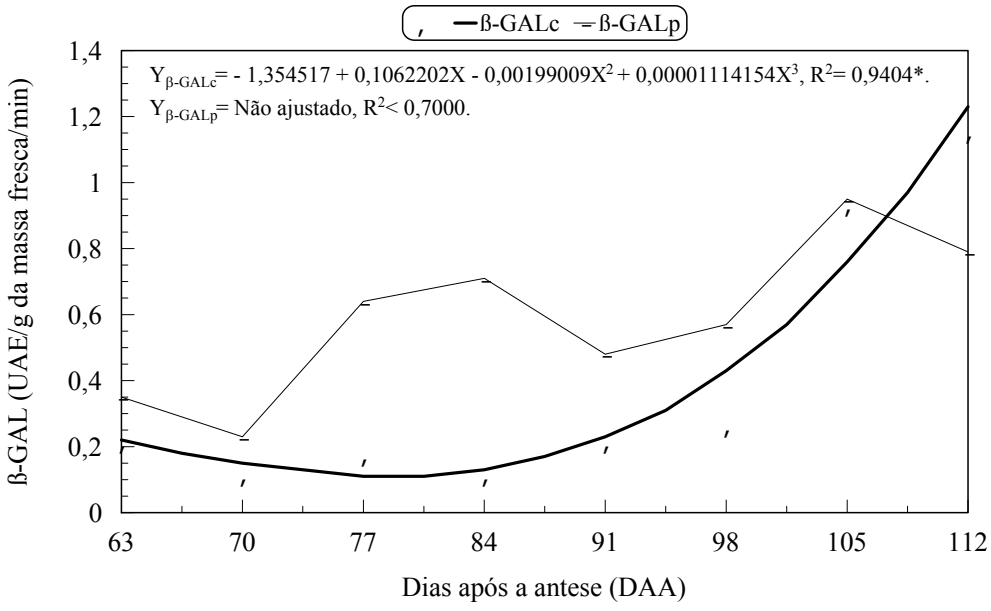

FIGURA 30 – Atividades β-galactosidásicas de citosol (β-GAL_c) e de parede celular (β-GAL_p) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

A atividade da β-GAL_c, apesar dos valores mais baixos em relação a β-GAL_p, durante quase todo o período de desenvolvimento do fruto, superou a β-GAL_p aos 112 DAA, quando apresentou o valor de 1,16 UAE/g da massa fresca/min contra 0,79 UAE/g da massa fresca/min da β-GAL_p. Esta resposta sugere que dos 63 aos 105 DAA houve exportação da enzima para a parede celular, enquanto, aos 112 DAA houve degradação da parede celular. Podendo ser confirmado pela proporção da atividade da β-GAL_p em relação à atividade β-galactosidásica total, que reduziu durante todo o período (61,40 para 50,26%, dos 63 aos 105 DAA), atingindo 40,51% aos 112 DAA. Estes resultados assemelham-se com o de Burns (1990), que detectou em parede celular de laranja 'Valência' mais de 75% da atividade das GALs.

Levando-se em conta as proporções das atividades α- e β-galactosidásicas totais dos 63 aos 112 DAA, verifica-se que as proporções das GALs citosólicas aumentaram (de 79,49 para 82,61%-α-GAL_c e de 38,60 para 59,49%-β-GAL_c) e as proporções das GALs de parede celular diminuíram (de 20,51 para 17,39%-α-GAL_p e de 61,40 para 40,51%-β-GAL_p) com o avanço da maturação. Este comportamento sugere que nos estádios iniciais de desenvolvimento dos frutos, as GALs são exportadas do citosol para a parede celular, enquanto nos estádios finais, após a degradação da parede, as GALs retornam ao citosol. Portanto, esta atuação é corroborada por Brady (1987) ao afirmar que as GALs são em geral sintetizadas e exportadas a partir do citoplasma para a parede celular.

As β-GALs citosólicas e de parede celular são mais variáveis que as α-GALs citosólicas e de parede celular, pois a diferença nas proporções das atividades β- e α-galactosidásicas totais dos 63 aos 112 DAA, são 20,89 e 3,12%, respectivamente.

Analisando os valores médios deste ensaio, constatou-se que a atividade da α-GAL_c (36,70 UAE/g da massa fresca/min) é maior que a da α-GAL_p (11,28 UAE/g da massa fresca/min) e esta por sua vez é maior que a da β-GAL_p (0,59 UAE/g da massa fresca/min), a qual finalmente é maior que a da β-GAL_c (0,40 UAE/g da massa fresca/min). Portanto, em relação a atividade galactosidásica total média as atividades das α-GAL_c, α-GAL_p, β-GAL_p e β-GAL_c, representaram: 74,94%, 23,03%, 1,21% e 0,82%, respectivamente. Por outro lado, Ali (1995) afirma que entre as glicosidases, a β-GAL é a predominante na polpa de mangas 'Harumanis'.

Mangas maduras podem possuir três isoformas de β-GAL, I, II e III, sendo que a β-GAL I, aparentemente, é a forma predominante. A perda de galactosil, arabinosil e ramnosil durante o amadurecimento é atribuída à hidrólise de galactanas e arabinogalactanas pela β-

GAL, com atividade de galactanase, pois ela está intimamente relacionada com o decréscimo na firmeza dos frutos (ALI et al., 1995).

Considerando que a manga sofre amaciamento progressivo, as enzimas que devem contribuir mais diretamente para o processo são PME, PG (FIGURA 26), α-GAL e β-GAL de parede celular (FIGURAS 29 e 30). Aos 112 DAA foi caracterizado o início do amaciamento no fruto (TABELA 6). Sabe-se que a intensidade com que o amaciamento ocorre diminui com o tempo. Desta forma, espera-se que a atividade das enzimas envolvidas seja reduzida com a evolução do processo. Em primeiro momento, a PG atuou de modo isolado. Entretanto, a queda de atividade das GALs de parede celular a partir dos 105 DAA e conseqüente aumento das GALs citosólicas sugere que as GALs de parede caracterizam melhor esta transformação. Trabalho realizado por Ketsa et al. (1998) é coerente com esta idéia, pois os autores encontraram, em manga, uma correlação entre a atividade da β-GAL e a perda de firmeza bastante superior à da PG.

4.6.5 Proteína

Os teores de proteína mostram uma tendência de decréscimo ao longo do período, especialmente aquelas quantificadas a partir de extratos do citosol (FIGURA 31). Aos 98 DAA, a queda foi de quase quatro vezes do valor inicial (0,0510 para 0,0150 mg/g da massa fresca). A partir daí, coincidindo com a fase de maior incremento na atividade da β-GAL citosólica (quase quatro vezes), o conteúdo de proteína subiu para 0,0598 mg/g da massa fresca (105 DAA), isto é, um aumento de quatro vezes. Os frutos aos 112 DAA continham 0,0350 mg/g da massa fresca.

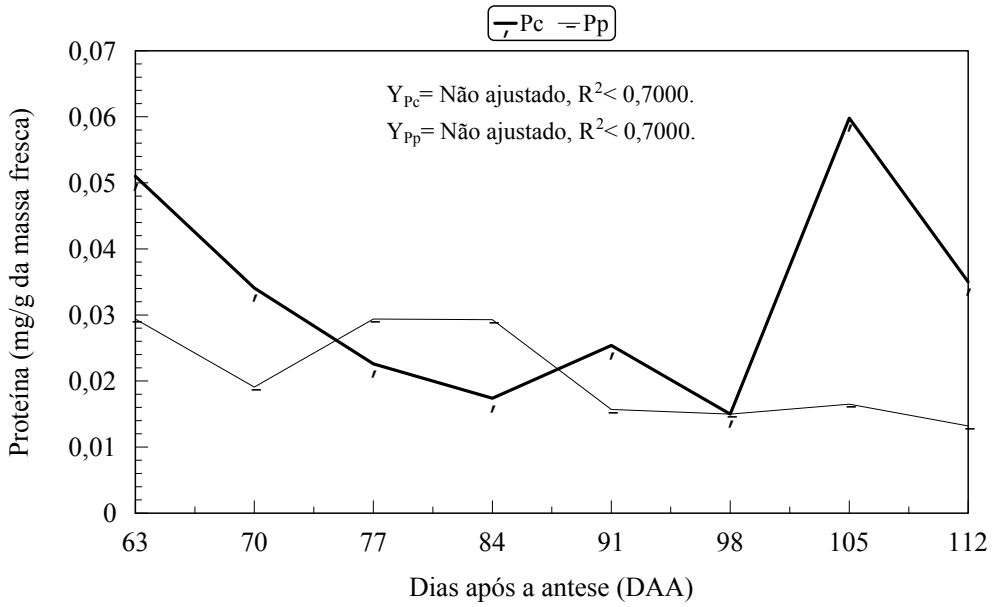

FIGURA 31 - Proteína de citosol (P_c) e de parede celular (P_p) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Na parede celular, onde os teores de proteína normalmente são mais baixos, dos 63 aos 112 DAA (0,0294 para 0,0132 mg/g da massa fresca) observou-se uma redução de mais de duas vezes do valor inicial.

Segundo Kays (1991), durante o amadurecimento, uma proporção considerável das proteínas é constituída por enzimas, especialmente as hidrolíticas, e estão envolvidas na degradação de várias moléculas. Além disso, estudos têm verificado que a quantidade de proteínas extraíveis está relacionada ao estádio de maturação, de forma que nos frutos maduros os teores são mais baixos (MARIN e CANO, 1992). Naquele estádio, espera-se, portanto, um incremento na proporção de hidrolases e outras enzimas degradativas em relação ao total, mesmo com queda característica nos valores absolutos.

Neste sentido, de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), há um número considerável de evidências do envolvimento da síntese protéica (síntese "de novo" de enzimas) no climatério dos frutos, no qual ocorre aumento na proporção do nitrogênio protéico em relação ao nitrogênio total. Também existem evidências de um redirecionamento na síntese protéica durante o amadurecimento. Há aumento no teor das enzimas hidrolíticas, segundo as mudanças nas suas taxas de síntese e/ou degradação e não como um resultado da ativação de uma molécula precursora, sintetizada no início do desenvolvimento. Portanto, a síntese dessas proteínas aumenta de forma acentuada quando a maturação se inicia.

4.7 Correlação entre as variáveis estudadas

4.7.1 Correlação entre sólidos solúveis totais e as variáveis físicas estudadas

Os coeficientes de correlação linear determinados com o intuito de medir o grau de associação entre os sólidos solúveis totais e as variáveis físicas estudadas encontram-se na TABELA 9. Dentre os coeficientes de correlação linear estimados, para todas as combinações possíveis, apenas para o teor de água foram observadas correlações negativas e significativas em relação às demais, com exceção quando correlacionada com o diâmetro longitudinal, que apesar de continuar negativa foi não significativa. Também foram visualizadas correlações não significativas da escala de coloração da casca com o diâmetro longitudinal e com o produto dos diâmetros e da escala de coloração da polpa com o diâmetro longitudinal. As demais correlações possíveis foram positivas e significativas. Os resultados da correlação entre o produto dos diâmetros e as massas fresca e seca, apesar de apresentarem menores valores de coeficientes (R= 0,72 e R= 0,66), assemelham-se àqueles obtidos por Morais (2001), estudando esta mesma cultivar (R= 0,97 e R= 0,94), e Castro Neto e Reinhardt (2003), estudando a cv. Haden (R= 0,99 e R= 0,95).

Apesar da massa fresca, massa de água, sólidos solúveis totais, diâmetros transversal e ventral, escalas de coloração da casca e da polpa terem dado coeficientes de correlação com a massa seca maiores que o produto dos diâmetros, esse último apresenta a vantagem de ser uma medida mais confiável (TABELA 9). A massa fresca, massa de água, sólidos solúveis totais e escalas de coloração da casca são muito sensíveis a variações climáticas (CASTRO NETO e REINHARDT, 2003) e uma medida de produtos de diâmetros é sempre mais fidedigna que a avaliação individual de cada diâmetro. Por sua vez, a coloração da polpa é uma medida subjetiva que depende do observador. Assim, o produto dos diâmetros dos frutos pode ser usado com segurança para determinar o crescimento da manga cv. Tommy Atkins, com a vantagem de ser um método não destrutivo, baseado em medições fáceis e rápidas.

TABELA 9 - Matriz de correlação entre sólidos solúveis totais e características físicas de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Variáveis	DL	DV	DT	PD	MF	MS	MA	TA	ECC	EBCC	ECP
Sólidos solúveis totais (SST)	0,54**	0,66**	0,76**	0,64**	0,71**	0,82**	0,68**	-0,79**	0,82**	0,82**	0,79**
Diâmetro longitudinal (DL)	-	0,95**	0,93**	0,98**	0,69**	0,61**	0,70**	-0,30^{ns}	0,24^{ns}	0,45*	0,33^{ns}
Diâmetro ventral (DV)	-	-	0,97**	0,98**	0,76**	0,70**	0,77**	-0,40*	0,38*	0,56**	0,41*
Diâmetro transversal (DT)	-	-	-	0,96**	0,80**	0,78**	0,80**	-0,53**	0,51**	0,65**	0,52**
Produto dos diâmetros (PD)	-	-	-	-	0,72**	0,66**	0,72**	-0,40*	0,35^{ns}	0,54**	0,41*
Massa fresca (MF)	-	-	-	-	-	0,94**	0,99**	-0,45*	0,50**	0,51**	0,45*
Massa seca (MS)	-	-	-	-	-	-	0,91**	-0,71**	0,70**	0,62**	0,69**
Massa de água (MA)	-	-	-	-	-	-	-	-0,39*	0,45*	0,47**	0,39*
Teor de água (TA)	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,85**	-0,71**	-0,91**
E. de coloração da casca (ECC)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,74**	0,88**
E. Blush coloração casca (EBCC)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,76**

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste t.
^{ns} Não-significativo. ECP - Escala de coloração da polpa.

Objetivando correlacionar a coloração da polpa feita em colorímetro (LP-CP-HP) com sólidos solúveis totais e as demais variáveis físicas analisadas na TABELA 9, recalculou-se a correlação linear com apenas 24 dados/variável, isto é, 8 tratamentos (63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 e 112 DAA) e 3 repetições, ao invés de 30 dados/variável, isto é, 10 tratamentos (35, 49, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 e 112 DAA) e 3 repetições que compõem a TABELA 9. Após esta análise, constatou-se que a luminosidade e o ângulo Hue da polpa não apresentaram coeficientes de correlação linear estimados superior a 0,70 quando contrastado com as demais variáveis analisadas, enquanto o croma da polpa apresentou correlações superiores a 0,70, positivas e significativas com sólidos solúveis totais (R= 0,83**), escalas de coloração da casca (R= 0,85**), de Blush para coloração da casca (R= 0,74**) e de coloração da polpa (R= 0,89**) e correlação superior a 0,70, negativa e significativa com teor de água (R= -0,86**).

Portanto, a escala de coloração da polpa possui uma alta correlação com o croma da polpa. Este resultado é corroborado por Morais (2001) trabalhando com manga 'Tommy Atkins', ao afirmar que os índices obtidos para cor da polpa, através de escala subjetiva são compatíveis com os obtidos nos parâmetros de avaliação da cor através do colorímetro, apesar do primeiro ser um método subjetivo, podendo apresentar maior possibilidades de falhas. Medlicott et al. (1992) também observaram alta correlação entre o método de avaliação da cor da casca, através de escala subjetiva, e os parâmetros obtidos no colorímetro.

4.7.2 Correlação entre as variáveis físicas, físico-químicas e químicas

Os coeficientes de correlação linear determinados com o intuito de medir o grau de associação entre massa seca, colorações de casca e da polpa, sólidos solúveis totais, acidez, pH e relação SST/ATT encontram-se na TABELA 10. Dentre os coeficientes de correlação linear estimados, para todas as combinações possíveis, apenas para acidez total titulável foram observadas correlações negativas e significativas. As demais correlações possíveis foram positivas e significativas.

Objetivando correlacionar a coloração da polpa feita em colorímetro (LP-CP-HP) com sólidos solúveis totais e as demais variáveis físicas, físico-químicas e químicas analisadas na TABELA 10, recalculou-se a correlação linear com apenas 24 dados/variável, isto é, 8 tratamentos (63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 e 112 DAA) e 3 repetições, ao invés de 30 dados/variável, isto é, 10 tratamentos (35, 49, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 e 112 DAA) e 3

TABELA 10 - Matriz de correlação entre massa seca, colorações da casca e da polpa, sólidos solúveis totais, acidez, pH e relação SST/ATT de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Variáveis	ECC	EBCC	ECP	SST	ATT	pH	RSA
Massa seca (MS)	0,70**	0,62**	0,69**	0,82**	-0,77**	0,77**	0,80**
E. de coloração da casca (ECC)	-	0,74**	0,88**	0,82**	-0,52**	0,89**	0,82**
E. Blush coloração casca (EBCC)	-	-	0,76**	0,82**	-0,59**	0,81**	0,85**
E. de coloração da polpa (ECP)	-	-	-	0,79**	-0,49**	0,87**	0,83**
Sólidos solúveis totais (SST)	-	-	-	-	-0,74**	0,91**	0,93**
Acidez total titulável (ATT)	-	-	-	-	-	-0,67**	-0,79**
pH	-	-	-	-	-	-	0,93**

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste t.
ns Não-significativo. RSA - Relação SST/ATT.

repetições que compõem a TABELA 10. Após esta análise, constatou-se que a luminosidade e o ângulo Hue da polpa não apresentaram coeficientes de correlação linear estimados superior a 0,70 quando contrastado com as demais variáveis analisadas, enquanto o croma da polpa apresentou correlações superiores a 0,70, positivas e significativas com pH (R= 0,95**) e relação SST/ATT (R= 0,92**) e correlação superior a 0,70, negativa e significativa com acidez total titulável (R= -0,90**).

Com estes resultados, verifica-se que os índices de maturidade para manga recomendados por Medlicott e Reynolds (1988) e Alves et al. (2002) possuem altas correlações entre si. Fica também evidente que o maior coeficiente de correlação linear estimado observado foi entre o croma da polpa e o pH. Portanto, tendo em vista que o croma da polpa também apresentou o maior coeficiente de determinação das variáveis estudadas, este comportamento o credencia como um dos mais precisos e práticos indicadores de maturidade para manga 'Tommy Atkins'.

A TABELA 11 apresenta a matriz de correlação entre croma da polpa, nitrogênio e proteína. Novamente o croma da polpa se destaca por apresentar com o nitrogênio total e a proteína bruta coeficientes positivos, significativos e iguais a 0,70.

TABELA 11 - Matriz de correlação entre croma da polpa, nitrogênio e proteína de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Variáveis	NT	NNP	NP	PB	PV
Croma da polpa (CP)	0,70**	0,66**	0,46*	0,70**	0,46*
Nitrogênio total (NT)	-	0,86**	0,76**	0,99**	0,77**
Nitrogênio não protéico (NNP)	-	-	$0,33^{ns}$	0,86**	$0,33^{ns}$
Nitrogênio protéico (NP)	-	-	-	0,77**	0,99**
Proteína bruta (PB)	-	-	-	-	0,77**

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste t.
^{ns} Não-significativo. PV – Proteína verdadeira.

4.7.3 Correlação entre as variáveis físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas

As análises de correlação do amido com croma da polpa, sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais, açúcares não redutores, amilase total e α-amilase (TABELA 12), mostraram-se positivas e significativas ($P < 0,01$), portanto, quanto maior o teor de amido, maiores serão os valores do croma da polpa, sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais, açúcares não redutores, amilase total e α-amilase. O maior coeficiente de correlação encontrado foi entre o croma da polpa e os açúcares solúveis totais, R= 0,93 ($P < 0,01$). Não

TABELA 12 - Matriz de correlação entre croma da polpa, sólidos solúveis totais, carboidratos e amilases de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Variáveis	SST	AD	AST	AR	ANR	AMLT	α-AML	β-AML
Croma da polpa (CP)	0,83**	0,75**	0,93**	0,29^{ns}	0,86**	0,75**	0,68**	-0,02^{ns}
Sólidos solúveis totais (SST)	-	0,69**	0,86**	0,56**	0,65**	0,65**	0,60**	-0,05^{ns}
Amido (AD)	-	-	0,80**	0,06^{ns}	0,84**	0,68**	0,62**	-0,03^{ns}
Açúcares solúveis totais (AST)	-	-	-	0,41*	0,88**	0,68**	0,65**	-0,08^{ns}
Açúcares redutores (AR)	-	-	-	-	-0,07^{ns}	0,02^{ns}	0,13^{ns}	-0,17^{ns}
Açúcares não redutores (ANR)	-	-	-	-	-	0,73**	0,64**	0,00^{ns}
Amilase total (AMLT)	-	-	-	-	-	-	0,78**	0,16^{ns}
α-amilase (α-AML)	-	-	-	-	-	-	-	-0,50*

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste t.
^{ns} Não-significativo. β-AML - β-amilase.

foi encontrado coeficientes de correlação superiores a 0,70 para açúcares redutores e β-amilase. Dutra et al. (2005) estudando a maturação de 'Tommy Atkins' também obtiveram correlação positiva e significativa entre amido e sólidos solúveis totais, R= 0,82 (P < 0,05), porém difere daquele relatado por Rocha et al. (2001), quando a coloração da polpa foi a que apresentou o melhor coeficiente de correlação com o índice de degradação de amido, R= 0,95 (P < 0,01).

De acordo com os coeficientes de correlação do amido com α-amilase e β-amilase e entre as enzimas α-amilase e β-amilase (TABELA 12), constata-se que estas enzimas não atuam na degradação do amido simultaneamente, agindo primeiro α-amilase e depois a β-amilase. Na primeira correlação observa-se que a α-amilase tem uma correlação positiva com o amido enquanto a β-amilase é negativa. Na segunda correlação verifica-se uma correlação negativa entre as enzimas, portanto quanto maior a atividade da α-amilase, menor a atividade da β-amilase. Este comportamento é validado por Hopkins (2000) quando afirma que a α-amilase é a primeira que "ataca" os grãos de amido intactos, sendo importante nos estágios iniciais da degradação.

Na TABELA 13 são apresentados os coeficientes de correlação entre croma da polpa, vitamina C, clorofila, carotenóides, fenólicos e oxidases. Comparando-se os resultados de croma da polpa com vitamina C total, carotenóides totais, fenólicos poliméricos, oligoméricos e diméricos, verifica-se que houve altas correlações significativas entre eles. No entanto, a correlação foi positiva apenas para carotenóides totais, indicando que quanto maior o valor do croma maior será o conteúdo de carotenóides totais. Por outro lado, as correlações foram negativas para vitamina C total, fenólicos poliméricos, oligoméricos e diméricos. Isto indica que as mangas com valores de croma da polpa mais altos possuem em geral menor teor de vitamina C total e são menos adstringentes. Considerando estas novas correlações, o maior coeficiente encontrado foi entre o croma da polpa e os carotenóides totais, R= 0,93 (P < 0,01). Não foi encontrado coeficientes de correlação superiores a 0,70 para vitamina C total, clorofila total, fenólicos poliméricos e polifenoloxidase.

Ao analisar as correlações da TABELA 13 constatou-se também que entre a PPO e a POD houve correlação positiva, R= 0,54 (P < 0,01). Este fato concorda com o relato de Robards et al. (1999) ao afirmarem que a atividade da POD depende da presença da PPO no meio, a fim de gerar o H_2O_2 necessário à ocorrência da oxidação.

TABELA 13 - Matriz de correlação entre croma da polpa, vitamina C, clorofila, carotenóides, fenólicos e oxidases de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Variáveis	VCT	CLT	CAT	FP	FO	FD	PPO	POD
Croma da polpa (CP)	-0,45*	-0,13^{ns}	0,93**	-0,63**	-0,74**	-0,77**	0,06^{ns}	0,25^{ns}
Vitamina C total (VCT)	-	-0,28^{ns}	-0,43*	0,24^{ns}	0,26^{ns}	0,23^{ns}	0,30^{ns}	0,32^{ns}
Clorofila total (CLT)	-	-	-0,02^{ns}	0,42*	0,22^{ns}	-0,04^{ns}	-0,37^{ns}	-0,61**
Carotenóides totais (CAT)	-	-	-	-0,56**	-0,69**	-0,76**	0,06^{ns}	0,15^{ns}
Fenólicos poliméricos (FP)	-	-	-	-	0,55**	0,35^{ns}	-0,36^{ns}	-0,43*
Fenólicos oligoméricos (FO)	-	-	-	-	-	0,55**	-0,03^{ns}	-0,19^{ns}
Fenólicos diméricos (FD)	-	-	-	-	-	-	0,01^{ns}	-0,06^{ns}
Polifenoloxidase (PPO)	-	-	-	-	-	-	-	0,54**

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste t.
^{ns} Não-significativo. POD - Peroxidase.

Quando se observa o valor do coeficiente de correlação entre croma da polpa, pectinas, pectinases, galactosidases e proteína (TABELA 14), a associação entre estas variáveis torna-se mais nítida, evidenciando-se a importância da solubilização da pectina na diminuição da firmeza de mangas, embora não seja o único fator envolvido. Este comportamento ratifica o estudo de Malis-Arad et al. (1983), em trabalho desenvolvido com cultivares mutantes, segundo o qual, já foi constatado que a solubilização de pectinas não é o único fator que afeta a firmeza, ou que diferencia frutos firmes de macios. Além disso, os autores citam que a associação entre pectinas e outros polímeros pode afetar sua sensibilidade à solubilização. Portanto, o estudo da solubilidade de pectinas não deve ser dissociado dos outros constituintes da parede celular e suas possíveis interações.

Comparando-se os resultados de pectina total com o croma da polpa, pectina solúvel, pectina de alta metoxilação, protopectina, poligalacturonase, α- e β-galactosidases extraídas de parede (TABELA 14), verifica-se que houve altas correlações significativas entre eles. No entanto, a correlação foi positiva para pectina solúvel, pectinas de alta metoxilação, protopectina e poligalacturonase, indicando que quanto maior o teor da pectina total maior será o conteúdo de pectina solúvel, pectinas de alta metoxilação, protopectina e poligalacturonase, portanto, maior será a firmeza do fruto. Por outro lado, as correlações foram negativas para o croma da polpa, α- e β-galactosidases extraídas de parede. Isto indica que as mangas com teores de pectina total mais alto possuem em geral menor valor de croma da polpa e menores atividades de α- e β-galactosidases extraídas de parede, isto é, são mais firmes. Os maiores coeficientes de correlação encontrados foram entre o croma da polpa e a protopectina, $R= -0,82$ ($P < 0,01$) e entre a pectina total e pectinas de alta metoxilação, $R= 0,82$ ($P < 0,01$). Não foram encontrados coeficientes de correlação superiores a 0,70 para pectina solúvel, percentual de solubilização de pectina, pectinas de baixa metoxilação e pectinametilesterase.

Associações significativas entre as galactosidases e proteínas só foi detectada entre β-galactosidase e proteína extraídas de citosol (TABELA 14), $R= 0,43$ ($P < 0,05$).

Conforme discutido anteriormente, quando se constatou que no primeiro momento a PG atua de modo isolado, parece tornar-se mais evidente, ao observar os coeficientes de correlação negativos entre as atividades de PG com α- e β-GAL_p e positivo entre as atividades de PG e a proteína extraída de citosol (TABELA 14). Neste mesmo sentido, detectou-se também que a PG é a principal responsável pela degradação das pectinas solúvel e de alta metoxilação, pois a PG possui correlação positiva com estas, enquanto as GALs possuem

TABELA 14 - Matriz de correlação entre croma da polpa, pectinas, pectinases, galactosidases e proteína de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Variáveis	PT	PS	PSP	PAM	PBM	PROT	PME	PG	αGALc	αGALp	βGALc	βGALp	Pc	Pp
Croma da polpa (CP)	-0,80**	-0,53**	0,19^{ns}	-0,71**	-0,35^{ns}	-0,82**	0,15^{ns}	-0,45*	0,72**	0,43*	0,63**	0,64**	0,04^{ns}	-0,40^{ns}
Pectina total (PT)	-	0,56**	-0,35^{ns}	0,82**	0,38^{ns}	0,46*	-0,01^{ns}	0,78**	-0,27^{ns}	-0,48*	-0,32^{ns}	-0,63**	0,33^{ns}	0,29^{ns}
Pectina solúvel (PS)	-	-	0,51*	0,62**	0,41*	0,48*	0,02^{ns}	0,48*	-0,38^{ns}	-0,30^{ns}	-0,33^{ns}	-0,43*	0,16^{ns}	0,30^{ns}
% solubilização de pectina (PSP)	-	-	-	-0,06^{ns}	-0,02^{ns}	0,11^{ns}	0,00^{ns}	-0,24^{ns}	-0,16^{ns}	-0,01^{ns}	-0,10^{ns}	0,05^{ns}	-0,12^{ns}	-0,04^{ns}
Pectinas alta metoxilação (PAM)	-	-	-	-	0,46*	0,50*	-0,02^{ns}	0,70**	-0,32^{ns}	-0,62**	-0,51*	-0,81**	0,10^{ns}	0,17^{ns}
Pectinas baixa metoxilação (PBM)	-	-	-	-	-	0,26^{ns}	-0,19^{ns}	0,25^{ns}	-0,23^{ns}	-0,21^{ns}	-0,29^{ns}	-0,35^{ns}	-0,03^{ns}	0,26^{ns}
Protopectina (PROT)	-	-	-	-	-	-	-0,16^{ns}	0,08^{ns}	-0,71**	-0,36^{ns}	-0,75**	-0,55**	-0,41*	0,36^{ns}
Pectinametilesterase (PME)	-	-	-	-	-	-	-	-0,08^{ns}	0,14^{ns}	0,17^{ns}	0,08^{ns}	0,08^{ns}	-0,06^{ns}	0,25^{ns}
Poligalacturonase (PG)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02^{ns}	-0,49*	0,03^{ns}	-0,46*	0,50*	-0,04^{ns}
α-galactosidase citosol (αGALc)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15^{ns}	0,64**	0,29^{ns}	0,32^{ns}	-0,37^{ns}
α-galactosidase parede (αGALp)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,38^{ns}	0,79**	-0,04^{ns}	0,35^{ns}
β-galactosidase citosol (βGALc)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,66**	0,43*	-0,26^{ns}
β-galactosidase citosol (βGALp)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03^{ns}	0,05^{ns}
Proteína de citosol (Pc)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,06^{ns}

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste t.
^{ns} Não-significativo. Pp – Proteína de parede.

correlações negativas, portanto, as GALs só atuam na degradação da parede celular após a ação da PG. Estes resultados coadunam-se com os de Brett e Waldron (1990) ao afirmarem que o amaciamento dos frutos tem sido associado com o aumento da atividade da PG, acompanhado de um aumento das pectinas solúveis.

Por outro lado, a PME não apresentou nenhuma correlação significativa com as pectinas, portanto, isto sugere uma importância secundária no conjunto de processos que determinam o amadurecimento da manga 'Tommy Atkins'. Este comportamento é compatível com o encontrado por Evangelista (1999), quando trabalhando com esta mesma cultivar, não detectou a presença da PME em nenhum dos tratamentos testados nos diferentes estádios de maturação, embora as mangas tenham apresentado um amadurecimento normal. Entretanto, segundo Ahmed e Labavitch (1980), a atividade de PME está presente durante o desenvolvimento e maturação de frutos e, frequentemente, não mostra correlação com o processo de amaciamento.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

1. Após 26 dias da indução, 65% do pomar estava em floração (antese) e o rendimento das panículas para a produção efetiva de frutos foi de apenas 35,51% (percentual de vingamento), das quais 77,03% tiveram apenas 1 fruto;

2. O croma da polpa foi o melhor indicador do estádio de desenvolvimento do fruto da mangueira 'Tommy Atkins' cultivada sob irrigação no sub-médio São Francisco, considerando-se o seu alto coeficiente de determinação, R^2=0,9832 ($P < 0,01$) e seu alto coeficiente de correlação com pH, açúcares solúveis totais e carotenóides totais, R=0,95; 0,93; e 0,93, respectivamente ($P < 0,01$);

3. Mangas da cv. Tommy Atkins cultivadas no vale do São Francisco, Petrolina, PE, atingiram a maturidade fisiológica aos 98 dias após a antese (DAA), durante o segundo semestre de 2004;

4. O calculo acumulado das temperaturas mínimas e máximas e a definição da temperatura base como sendo 10ºC, indicaram que 1.685,09 unidades de calor (UC) determinaram a maturidade fisiológica da manga cv. Tommy Atkins, cultivada no vale do São Francisco, Petrolina, PE.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-SARRA, A. F.; ABU-GOUKH, A. A. Changes in pectinesterase, polygalacturonase and cellulase activity during mango fruit ripening. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.67, n.4, p. 561-568, July1992.

AHMED, A. E.; LABAVITCH, J. M. Cell wall metabolism in ripening fruits: I. Cell wall changes in ripening "Bartlett" pears. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 65, n. 5, p. 1009-1013, May 1980.

AINA, J. O.; OLADUNJOYE, O. O. Respiration, pectolytic activity and textural changes in ripening African mango (*Irvingia gabonensis*) fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.63, n. 4, p. 451-454, 1993.

ALBUQUERQUE, J. A. S. de; MEDINA, V. D.; MOUCO, M. A. do C. Indução floral. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. **A cultura da mangueira**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 13, p. 259-276.

ALI, Z. M.; ARMUGAM, S.; LAZAN, H. β-galactosidase and it's significance in ripening mango fruit. **Phytochemistry**, Oxford, v. 38, n. 5, p. 1109-1114, 1995.

ALMEIDA, C. O. de; CARDOSO, C. E. L.; SANTANA, M. do A. Comercialização. In: PEREIRA, M. E. C.; FONSECA, N.; SOUZA, F. V. D. (Eds.). **Manga**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 15, p. 177-184. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

ALVES, R. E. et al. Colheita e pós-colheita. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. **A cultura da mangueira**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 17, p. 381-405.

AMORIM, T. B. F. Colheita e pós-colheita: manejo e conservação da manga. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Org.). **O agronegócio manga**: produção e mercado. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2002. p. 346-356. 1 CD-ROM.

ASHRAF, M. W. et al. Studies on the pectinesterase activity and some chemical constituents of some Pakistani mango varieties during storage ripening. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Columbus, v. 29, n. 3, p. 526-528, May/June 1981.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16 ed. Arlington: AOAC, 1995. 1141 p.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

AZIZ, P. A.; YUSOF, S. Physico-chemical characteristics of soursop fruit (*Anona muricata*) during growth and development. **ASEAN Food Journal**, New York, v. 9, n. 4, p. 147-150, 1994.

BEM-TAL, Y. Flowering: its control by vegetative growth inhibition. **Acta Horticulturae**, Wageninger, n. 179, p. 329-335, 1986.

BERNFELD, P. Enzymes of carbohydrate metabolism: amylases, α and β. In: COLWICK, S. P.; KAPLAN, N.O. **Methods in enzimology**. New York: Academic Press, 1955. v. 1, p. 149-158.

BISSOLI JÚNIOR, W. **Qualidade de mangas (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins sob influência da pulverização pré-colheita dos frutos com cálcio e boro**. 1999. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)–Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

BLEINROTH, E. W. Manuseio e tratamento de pós-colheita da manga. In: DONADIO, L. C.; FERREIRA, F. R. (Eds.). **Anais do II simpósio sobre mangicultura**. Jaboticabal: FCAV-FUNEP, 1989. p. 171-184.

_____. Determinação do ponto de colheita das frutas. In: BLEINROTH, E. W. (Coord.) et al. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. 2. ed. rev. Campinas: ITAL, 1992. cap. 1, p. 1-18. (Manual Técnico, 9).

_____. Determinações do ponto de colheita. In: GORGATTI NETTO, A. et al. **Manga para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. cap. 2, p. 11-28. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 4).

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, p. 484-489, 1973.

BOAS, E. V. B. V. **Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de frutos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 75 p.

BORDENAVE, M. Analyses of pectin methylesterases. In: LINSKENS, H. F.; JACKSON, J. F. **Plant cell wall analysis**: modern methods on plant analysis. Berlin: Springer-Verlag, 1996. v. 17, p. 165-180.

BORDENAVE, M.; GOLDBERG, R. Purification and characterization of pectin methylesterases from mung bean hypocotyl cell walls. **Phytochemestry**, Oxford, v. 33, n. 5, p. 999-1003, 1993.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye-binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRADY, J. B. Fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 38, p. 155-178, 1987.

BRETT, C.; WALDRON, K. **Physiology and biochemistry of plant cell walls**. Londres: Unwin Hyman, 1990. 1993p.

BRINSON, K. et al. Post harvest changes in *Mangifera indica* mesocarp cell walls and cytoplasmic polysaccharides. **Phytochemistry**, Oxford, v. 27, n. 3, p. 719-723, Feb. 1988.

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

BURNS, J. α- and β- galactosidase activities in juice vesicles of stored Valencia oranges. **Phytochemitry**, Oxford, v. 29, n. 8, p. 2425-2429, 1990.

BURONDKAR, M. M. et al. Estimation of heat units as maturity indices for different mango varieties in Konkan region of Maharshtra. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 509, p. 297-299, 2000.

CAMILLO-LÓPEZ, A. et al. Ripening and quality of mango fruit as affected by coating with "Semperfresh". **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 370, p. 203-16, 1995.

CAMPBELL, R. J. **Mangos**: a guide to mangos in Florida. Miami: Fairchild Tropical Garden, 1992. 227 p.

CARPITA, N.; McCANN, M. The cell wall. In: BUCHANAN, B. B; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Eds.). **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. ch. 2, p. 52-108.

CASTRILLO, M.; BERMUDEZ, A. Post-harvest ripening in wax coated Bocado mango. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 27, n. 4, p. 457-463, Aug. 1992.

CASTRO NETO, M. T. de; REINHARDT, D. H. Relações entre parâmetros de crescimento do fruto de manga cv. Haden. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 35-37, 2003.

CETEC – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Manual para fabricação de geléias**. Belo Horizonte: CETEC, 1985. 42 p. (Série Publicações Técnicas, 15).

CHAUDHRI, S. A. Mango. In: GARDNER, R. S.; CHAUDHRI, S. A. **The propagation of tropical fruits trees**. England: CAB International, 1976. p. 403-474.

CHEN, W. S. Endogenous growth substances in relation to shoot growth and flower bud development of mango. **Journal of the American Society Horticulturae of Science**, Alexandria, v. 112, n. 2, p. 360-363, 1987.

CHITARRA, M. I. F. **Tecnologia e qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 68 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CUNHA, G. A. P. da. et al. **A cultura da manga**. 1. ed. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 54 p. (Coleção Plantar, 10).

CUNHA, G. A. P. da; PINTO, A. C. de Q.; FERREIRA, F. R. Origem, dispersão, taxonomia e botânica. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. **A cultura da mangueira**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 2, p. 31-36.

DAVENPORT, T. L.; NUÑEZ-ELISEA, R. Ethylene and other endogenous factors possibly involved in mango flowering. **Acta Horticulturae**, Wageninger, v. 2, n. 275, p. 441-447, 1990.

DENNIS, D. T.; BLAKELEY, S. D. Carbohydrate metabolism. In: BUCHANAN, B. B; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Eds.). **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. ch. 13, p. 630-675.

DEY, P. M.; PRIDHAM, J. B. Purification and properties of α-galactosidases from *Vicia faba* seeds. **Biochemistry Journal**, London, v. 113, n. 1, p. 49-55, 1969.

DONADIO, L. C. Variedades de mangueira. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Coord.) et al. **Manga**: tecnologia de produção de mercado. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1996. p. 32-56.

_____. Variedades de manga. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Org.). **O agronegócio manga**: produção e mercado. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2002. p. 119-126. 1 CD-ROM.

DUTRA, P. R. S. et al. Indicadores bioquímicos do desenvolvimento de manga Tommy Atkins produzidas no vale do São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, 2005. 1 CD-ROM.

EMBRAPA. **Dados meteorológicos da estação agrometeorológica de Bebedouro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/serviços/dadosmet/ceb-anual.html>. Acesso em: 22 jun. 2006.

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**, Brasília, vol. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

ESTEBAN, R. M. et al. Pectin changes during the development and ripening of eggplant fruits. **Food Chemistry**, Oxford, v.46, p. 289-292, 1993.

EVANGELISTA, R. M. **Qualidade de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração e tratadas com cloreto de cálcio pré-colheita**. 1992. 129 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

FELIPPE, G. M. Etileno. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1979. p. 163-192.

FERREIRA, F. R. et al. Germoplasma de manga no Brasil. In: São José, A. R. (Org.). **O agronegócio manga**: produção e mercado. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2002. p. 111-118. 1 CD-ROM.

FIERRO, C. A; ULLOA, M. A development reference stage for flower induction response to potassium nitrate in mango. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 291, p. 71-78, 1991.

FILGUEIRAS, H. A. C.; CHITARRA, M. I. F. Influência da embalagem e temperatura de armazenamento sobre os teores de compostos fenólicos em ameixa roxa Delfim Moreira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 63-74, jan. 1988.

FILGUEIRAS, H. A. C. et al. Colheita e manuseio pós-colheita. In: FILGUEIRAS, H. A. C. (Org.). **Manga**: pós-colheita. 1. ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 3, p. 22-37. (Série Frutas do Brasil, 2).

FONSECA, N.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos. Florescimento e frutificação. In: PEREIRA, M. E. C.; FONSECA, N.; SOUZA, F. V. D. (Eds.). **Manga**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 10, p. 105-122. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9 ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 307 p.

FUCHS, Y.; PESIS, E.; ZAUBERMAN, G. Changes in amylase activity, starch and sugars contents in mango fruit pulp. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 13, n. 2, p. 155-160, 1980.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 284 p.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v. 2, n. 4, p. 371-383, 1963.

GORTNER, W. A.; DULL, G. G.; KRAUSS, B. H. Fruit development, maturation, ripening and senescence: a biochemical basis for horticultural terminology. **HortScience**, Alexandria, v. 2, n. 4, p. 141-144, 1967.

GTZ – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT. **Manual de exportación**: frutas tropicales y hortalizas. Eschborn: GTZ, 1992. 34 p.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.

HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P.; ASTHIE, K. R. Degday: a program for calculating degree-days, and assumptions behind the degree-day approach. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 15, n. 5, p. 999-1016, 1986.

HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000. 512 p.

HULME, A. C. The mango. **The biochemistry of fruits and their products**. 2. ed. London: Academic Press, 1974. v. 2, p. 233-254.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IAL, 1985. v. 1, 533 p.

IRVING, D. E.; SHINGLETON, G. J.; HURST, P. L. Starch degradation in buttercup squash (*Cucurbita maxima*). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 124, n. 6, p. 587-590, 1999.

ISLABÃO, N. **Manual de cálculo de rações para os animais domésticos**. 4. ed. Porto Alegre: SAGRA, 1985. 177 p.

ITOH, T.; UDA, Y.; NAKAGAWA, H. Purification and characterization of α-galactosidase from watermelon. **Journal of Biochemistry**, Tokyo, v. 99, n. 1, p. 243-250, 1986.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 1085-1087, 1984.

JOHN, M. A.; DEY, P. M. Postharvest changes in fruit cell wall. **Advances in Food Research**, New York, v. 30, p. 139-185, 1986.

KADER, A. A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 485, p. 203-208, 1999.

KAPSE, B. M.; RANE, D. A.; KHEDKAR, D. M. Correlation between bio-chemical parameters and organoleptic evaluation in mango varieties. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 231, n. 2, p. 756-62, 1988.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1991. 532 p.

KETSA, S. et al. Effect of heat treatment on changes in softening, pectic substances and activities of poligalacturonase, pectinesterase and β-galactosidase of ripening mango. **Journal of Plant Physiology**, Tokyo, v. 153, p. 457-461, 1998.

KHADER, S. E. S. A. Effect of gibberellic acid and vapor gard on ripening, amylase and peroxidase activities and quality of mango fruits during storage. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 67, n. 6, p. 855-860, 1992.

KITAGAWA, Y; KANAYAMA, Y; YAMAKI, S. Isolation of β-galactosidase fractions from Japanese pear: activity against native cell wall polysaccharides. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 93, n. 3, p. 545-550, 1995.

KRAMER, A. Fruits and Vegetables. In: TWIGG, B. A. **Quality control for food industry**. Connecticut: AVI Publishing Company, 1973. v. 2, p. 157-227.

LAKSHIMINARAYANA, S.; SABRHADRA, N. V.; SUBRAMANYAM, H. Some aspects of developmental physiology of mango fruit. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 45, p. 133-142, 1970.

LAKSHIMINARAYANA, S. Mango. In: NAGY, S.; SWAW, P. E. **Tropical and subtropical fruits**. Westport: AVI Publishing, Inc., 1980. p. 157-184.

LAROUSSILHE, F. de. **Le manguier**. Paris: Maisonneuve et Larose, 1980. 312 p.

LEDERMAN, I. E. et al. Determinação do ponto de colheita da manga cv. Tommy Atkins, para a região semi-árida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 2, p. 145-151, 1998.

LEITE, J. C. A. et al. Caracterização física da manga variedade Tommy Atkins. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, 2005. 1 CD-ROM.

LIMA-FILHO, J. M. P. et al. Ecofisiologia. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. **A cultura da mangueira**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 3, p.37-50.

LIMA, L. C. de O. **Tecido esponjoso em manga 'Tommy Atkins'**: transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento. 1997. 147 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

LIMA, M. A. C. de. **Alterações bioquímicas e fisiológicas durante a maturação e o armazenamento de graviola sob refrigeração associada a 1-metilciclopropeno e cera**. 2002. 208 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

LIZADA, C. Mango. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. ch. 8, p. 255-266.

LUCENA, E. M. P. de; SILVA JÚNIOR, A.; CAMPELO, I. K. M. Caracterização físico-química da manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins, em diferentes estádios de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000. v. 2, p. 5.246.

LUCENA, E. M. P. de. et al. Técnicas de conservação garantem qualidade e aumento da vida útil da manga Tommy Atkins. **Pesquisas FUNCAP**: Revista de Ciência e Tecnologia, Fortaleza, ano 3, n. 3, p. 7-8, dez. 2001.

MAIA, M. L. L. Geléia e doce em massa. In: TORREZAN, R. (Coord.). **Curso de processamento de frutas**. Rio de Janeiro: Embrapa-CTAA, 1997. cap. 4, p. 84-99.

MALIS-ARAD, S. et al. Pectic substances: changes in soft end firm cultivars and in non-ripening mutants. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 58, n. 1, p. 111-116, Jan. 1983.

MANGELS, A. R. et al. Carotenoid content of fruits and vegetables: an evaluation of analytic data. **Journal of the American Dietetic Association**, Baltimore, v. 93, n. 3, p. 284-296, 1993.

MANICA, I. Indução do florescimento em mangueiras. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Coord.) et al. **Manga**: tecnologia de produção de mercado. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1996. p. 140-144.

MARIN, M. A.; CANO, M. P. Patterns of peroxidase in ripening mango (*Mangifera indica*, L.) fruits. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 3, p. 690-692, 1992.

MARTIN, C.; SMITH, A. M. Starch biosynthesis. **The Plant Cell**, Rockville, v. 7, n. 7, p. 971-985, 1995.

MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black root. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 13, p. 1091-1101, 1972.

MATTOO, A. K. et al. Chemical changes during ripening and senescence. In: PANTASTICO, E. B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: The AVI Publishing, 1975. p. 103-127.

MAYER, A. M.; HAREL, E. Phenoloxidases and their significance in fruit and vegetables. In: FOX, P. F. **Food Enzimology**. London: Elsevier Applied Science, 1991. v. 1, p. 373-398.

McCOLLUM, T. G.; HUBER, D. J.; CANTLIFFE, D. J. Modification of polyuronides and hemicelluloses during muskmelon fruit softening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 76, n. 3, p. 303-308, 1989.

McILVAINE, T. C. A buffer solution for colorimetric comparison. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 49, n. 1, p. 183-186, 1921.

McREADY, P. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectin materials. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MEDINA, Valdique, M. Fisiologia e pós-colheita da manga. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Coord.) et al. **Manga**: tecnologia de produção de mercado. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1996. p. 202-222.

MEDINA, Voltaire, D. Situação da mangicultura no sub-médio São Francisco e perspectivas. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Coord.) et al. **Manga**: tecnologia de produção de mercado. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1996. p. 285-295.

MEDLICOTT, A. P. et al. Measurement of color changes in ripening bananas and mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 69, n. 2, p. 161-166, Apr. 1992.

MEDLICOTT, A. P.; REYNOLDS, S. B. Harvest maturity effects on mango fruit ripening. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 65, n. 2, p. 153-157, Apr. 1988.

MEDLICOTT, A. P.; REYNOLDS, S. B.; THOMPSON, A. K. Effects of temperature on the ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 37, n. 5, p. 469-474, May 1986.

MEDLICOTT, A. P.; THOMPSON, A. K. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* var. Keitt) by high performance liquid chromatography. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 36, n. 7, p. 561-566, July 1985.

MELO NETO, M. L. de. et al. Utilização de embalagens plásticas e refrigeração na conservação da manga (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 160-165, ago. 1999.

MENA, N. G.; SAUCEDO, V. C.; NIETO, A. D. Evaluacion de tratamientos cuarentenarios en frutos de mango Manila en Mexico. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Coord.) et al. **Manga**: tecnologia de produção de mercado. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1996. p. 223-240.

MENDONÇA, V. **Indução floral em mangueira com paclobutrazol, nitrato de potássio e ethephon**. 2000. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2000.

MENEZES, J. B. **Qualidade pós-colheita de melão tipo galia durante a maturação e o armazenamento**. 1996. 157 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959.

MIRANDA, M. R. A. de. **Alterações fisiológicas e histológicas durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento refrigerado do sapoti (*Manilkara zapota* l. Von Royen)**. 2002. 135 f. Tese (Doutorado em Agronomia)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

MITCHAM, E. J.; McDONALD, R. E. Cell wall modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 6, p. 919-924, 1992.

MONTEITH, J. L. Climate. In: ALVIM, P. de T.; KOZLOWSKI, T. T. (Eds.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977. ch. 1, p. 1-27.

MORAIS, P. L. D. de. **Maturidade para colheita e vida útil da manga 'Tommy Atkins' para o mercado europeu**. 2001. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

MORGA, N. S. et al. Physicochemical changes in Philippine Carabao mangoes during ripening. **Food Chemistry**, London, v. 4, n. 2, p. 225-234, Mar. 1979.

MOSQUEDA-VÁZQUEZ, R.; IRETA-OJEDA, A. Degree-days and base temperatures required for inflorescence and fruit development in mango 'Manila'. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 341, p. 232-237, 1993.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1986. 376 p.

MUKHERJEE, S. K. **Systematic and ecogeographic studies of crop genepools**: 1. *Mangifera*. Rome: IBPGR Secretariat, 1985. 86 p.

MUÑOZ, C. et al. Determining thermal time and base temperature required for fruit development in low-chilling peaches. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 3, p. 520-522, 1986.

NELSON, J. L.; KURTZ, L. T.; BRAY, R. H. Rapid determination of nitrates and nitrites. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 26, p. 1081, 1954.

NUÑEZ-ELISEA, R.; DAVENPORT, T. L. Florewing of 'Keitt' mango in response to deblossoming and gibberellic acid. **Proceedings of the Florida State Horticulturae Society**, Winter Haven, v. 104, p. 41-43, 1991.

PANGBORN, R. M. Relative taste intensities of selected sugars and organic acids. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 28, n. 6, p. 726-733, 1963.

PARK, K. Y. et al. Polyphenol oxidase of mango (*Mangifera indica* L. var. Haden). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, n. 6, p. 1619-1621, Dec. 1980.

PINTO, A. C. de Q. et al. Melhoramento genético. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. **A cultura da mangueira.** 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002a. cap. 4, p. 51-92.

PINTO, A. C. de Q.; COSTA, J. G. da; SANTOS, C. A. F. Principais variedades. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. **A cultura da mangueira**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002b. cap. 5, p. 93-116.

PINTO, A. C. de Q.; GENÚ, P. J. C.; RAMOS, V. H. V. Avaliação do crescimento e expressão do sexo de cultivares de manga introduzidas na região dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1987. v. 2, p. 567-570.

PIZA JÚNIOR, C. de T. A situação da cultura da mangueira em São Paulo. In: DONADIO, L. C.; FERREIRA, F. R. (Eds.). **Anais do II simpósio sobre mangicultura**. Jaboticabal: FCAV-FUNEP, 1989. p. 31-46.

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Separation and characterization of endopolygalacturonase and exopolygalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 52, n. 3, p. 252-256, 1973.

RAMOS, V. H. V. **Conservação pós-colheita de manga por meio do tratamento químico, da embalagem plástica e da cera associados à hidrotermia e refrigeração**. 1994. 179 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agronômicas e Veterinária de Jaboticabal, Jaboticabal, 1994.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. Tradução Jane Elizabeth Kraus et al. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.

REICHER, F.; SIERAKOWSKI, M. R.; CORREA, J. B. C. Determinação espectrofotométrica de taninos pelo reativo fosfotúngstico-fosfomolíbdico. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 24, n. 4, p. 407-411, 1981.

REID, M. S. Maturation and maturity indices. In: KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. California: University of California, 2003. p. 55-62. (Agriculture and Natural Resources, Publication, 3311).

RENA, A. B.; MASCIOTTI, G. Z. Efeito do déficit hídrico sobre o metabolismo de nitrogênio e o crescimento de quatro cultivares de feijão. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 23, n. 128, p. 288-301, 1976.

ROBARDS, K. et al. Phenolic compounds and their role in oxidative process in fruits. **Food Chemistry**, Oxford, v. 66, n. 4, p. 401-436, 1999.

ROBERTSON, G. L. The fractional extraction and quantitative determination of pectic substances in grapes and musts. **American Journal Enology Viticulture**, Davis, v. 30, n. 3, p. 182-186, 1979.

ROCHA, R. H. C. et al. Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 302-305, 2001.

ROE, B.; BRUEMMER, J. H. Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of 'Keitt' mango. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 1, p. 186-189, 1981.

ROSE, J. K. C.; BENNETT, A. B. Cooperative disassembly of the cellulose-xyloglucan network of plant cell walls: parallels between cell expansion and fruit ripening. **Trends Plant Science**, London, v. 4, p. 176-183, 1999.

SAKAI, T. et al. Pectin, pectinase and protopectinase: production, properties and applications. **Advances in Applied Microbiology**, San Diego, v. 39, p. 213-294, 1993.

SALLES, J. R. de J.; TAVARES, J. C. Vida útil pós-colheita de manga (*Mangifera indica* L., cv. Tommy Atkins): influência da temperatura e do estádio de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 171-176, ago. 1999.

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

SALUNKE, D. K.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Boca Raton: CRC Press, 1984. v. 1, 168 p.

SANTOS-SEREJO, J. A. dos. Classificação e descrição botânica. In: PEREIRA, M. E. C.; FONSECA, N.; SOUZA, F. V. D. (Eds.). **Manga**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 1, p. 15-17. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

SAÚCO, G. Recolección y postrecolección. In: **El cultivo del mango**. Madrid: Mundi-Prensa, 1999. p. 267-272.

SCHAFFER, B. Mango. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. (Eds.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops**: sub-tropical crops. Boca Raton: CRC Press, 1994.

SELVARAJ, J. Y.; KUMAR, R. Studies on fruit softening enzymes and polyphenol oxidase activity in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 26, n. 4, p. 218-222, Oct. 1989.

SEN, S.; CHATTERJEE, B. K.; ROY, H. B. Amylase activity in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. **Indian Biology**, Baroda, v. 17, n. 1, p. 25-28, Feb. 1985.

SEYMOUR, G. B.; GROSS, K. C. Cell wall disassembly and fruit softening. **Postharvest New and Information**, London, v. 7, n. 3, p. 45-52, 1996.

SEYMOUR, G. B.; LASSLETT, Y.; TUCKER, G. A. Differential effects of pectolytic enzymes on tomato polyuronides *in vivo* and *in vitro*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 26, n. 12, p. 3137-3139, 1987.

SHARMA, D. K.; SINGH, R. N. Studies on some pollination problems in mango (*Mangifera indica* L.). **Indian Journal Horticultural**, New Delhi, v. 27, n. 1, p. 15, 1970.

SHU, Z. H.; SHEN, T. F. Floral induction en axillary buds mango (*Mangifera indica*, L.) as affected by temperature. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 31, p. 81, 1987.

SIGRIST, J. M. M. Respiração. In: BLEINROTH, E. W. (Coord.) et al. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. 2. ed. rev. Campinas: ITAL, 1992. cap. 2, p. 19-26. (Manual Técnico, 9).

SILVA, D. A. M. da. **Mangueira**: cultivo sob condição irrigada. 2. ed. Recife: SEBRAE/PE, 2000, 63 p. (Série Agricultura, 9).

SILVA, D. J. **Análise de alimentos:** métodos químicos e biológicos. 2. ed. Viçosa: UFV, 1990, 165 p.

SILVA, E. L.; MARTINEZ, L. F.; YITAYEW, M. Relação entre coeficientes de cultura e graus-dia de desenvolvimento da alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 134-142, jul. 1999.

SILVA, E. M. Mecanismos bioquímicos de fisiopatias importantes de frutas. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGIA POSTCOSECHA Y AGROEXPORTACIONES, 2, 2000, Bogotá. **Memórias...** Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2000. p. 5-19.

SILVA, J. S. O. **Produção de manga**: manual. Viçosa: CPT, 1996. 34 p. (Série Fruticultura – Manual nº 40).

SILVA, M. A. P. da. **Morfologia, emergência e ecofisiologia de *Caryocar coriaceum* Wittm**. 2004. 114 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. São Paulo: CERES, 1971. 530 p.

SINGH, L. B. **The mango**: botany, cultivation and utilization. London: Leonard Hill, 1960.

_____. Mango. In: ALVIM, P. de T.; KOZLOWSKI, T. T. (Eds.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977. ch. 18, p. 479-485.

SINGH, R. N. Sex ratio and fruit set in mango. **Science**, Washington, v. 119, p. 389, 1954.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas**: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

SUBRAMANYAN, H.; SHANTHA, K.; PARPIA, H. A. B. Physiology and biochemistry of mango fruit. **Advances in Food Research**, San Diego, v. 21, p. 223-305, 1975.

SWAIN, T.; HILLIS, E. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*: II. The analysis of tissues of the 'victoria' plum tree. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 10, n. 2, p. 135-144, 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução Eliane Romanato Santarém et al. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TANDON, D. K.; KALRA, S. K. Changes in sugars, starch and amylase activity during development of mango fruit cv. Dashehari. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 58, n. 3, p. 449-453, 1983.

_____. Pectin changes during the development of mango fruit cv. Dashehari. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 59, n. 2, p. 283-286, 1984.

THOMAS, P.; OKE, M. S. Technical note: vitamin C content and distribution in mangoes during ripening. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 15, p. 669-672, 1980.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 1-51.

VAN BUREN, J. Fruit phenolics. In: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v. 1, p. 269-304.

VAVILOV, N. I. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Translated from Russian by K. Starr Chester. **Chronica Botanica**, Leiden, v. 13, n. 1, p. 1-366, 1951.

WHITE, T. Tannins – their occurrence and significance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 8, n. 7, p. 377-385, 1957.

WHITING, G. C. Sugars. In: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v. 1, p. 1-31.

WILLIAMS, A. H. The simpler phenolic substances of plants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 8, n. 7, p. 385-389, 1957.

WILLS, R. B. H. et al. **Postharvest**: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals. 4. ed. Wallingford: New South Wales University Press, 1998. 262 p.

WISSEMANN, K. W.; LEE, C. Y. Polyphenoloxidase activity during grape maturation and wine production. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 31, n. 3, p. 206-211, 1980.

WOOLLEY, J. T.; HICKS, G. P.; HAGEMAN, R. H. Rapid determination of nitrate and nitrite in plant materials. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 8, p. 481, 1960.

YAMASHITA, F. **Armazenagem frigorífica de mangas (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) embaladas sob atmosfera modificada**. 1995. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.

YOSHIOKA, H.; KASHIMURA, Y.; KANEKO, K. Solubilization and distribution of neutral sugar residues derived from polyuronides during the softening in apple fruit. **Journal of Japanese Society of Horticultural Science**, Kyoto, v. 63, n. 1, p. 173-182, 1994.

_____. β-D-galactosidase and α-L-arabinofuranosidase activities during the softening of apples. **Journal of Japanese Society of Horticultural Science**, Kyoto, v. 63, n. 4, p. 871-878, 1995.

ZAUBERMAN, G. et al. Chilling injury, peroxidase, and cellulase activities in the peel of mango fruit at low temperature. **HortScience**, Alexandria, v. 23, n. 4, p. 732-733, 1988.

APÊNDICE

Tabela 1A – Resumo das análises de variância dos diâmetros longitudinal (DL), ventral (DV) e transversal (DT), produto dos diâmetros (PD), massas fresca (MF), seca (MS), de água (MA) e o teor de água (TA) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios							
		DL	DV	DT	PD	MF	MS	MA	TA
Tempo	(9)	6,3518**	6,2472**	5,3781**	179283,9096**	49243,9505**	1498,1663**	34661,1093**	23,3112**
1º grau	1	26,7601**	32,4076**	34,6043**	952286,5496**	226775,8645**	9925,6143**	141814,3931**	164,4473**
2º grau	1	20,9284**	19,2016**	10,7257**	450026,3198**	160776,7660**	1914,1430**	127605,3158**	8,5055*
3º grau	1	1,2508^{ns}	0,2341^{ns}	0,0843^{ns}	1519,3753^{ns}	21412,0848*	1395,4231**	11875,1855^{ns}	18,9054**
Desvio	6	1,3712^{ns}	0,7303^{ns}	0,4981^{ns}	34953,8236^{ns}	5705,1398^{ns}	41,3860^{ns}	5109,1815^{ns}	2,9904^{ns}
Resíduo	20	0,9786	0,5313	0,2548	27403,2807	4866,1727	144,7487	3411,2841	1,6480
CV (%)		9,63	8,98	6,96	25,38	24,02	26,77	23,79	1,50

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns} Não-significativo.

Tabela 2A – Resumo das análises de variância das escalas de coloração da casca (ECC), de Blush para coloração da casca (EBCC) e de coloração da polpa (ECP) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios		
		ECC	EBCC	ECP
Tempo	(9)	0,1887**	2,0000**	0,4222**
1º grau	1	1,4032**	15,4839**	3,1162**
2º grau	1	0,0703*	0,3871^{ns}	0,3198**
3º grau	1	0,1323**	0,2613^{ns}	0,1645*
Desvio	6	0,0154^{ns}	0,3113^{ns}	0,0333^{ns}
Resíduo	20	0,0125	0,2000	0.0333
CV (%)		8,85	14,90	13,35

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns} Não-significativo.

Tabela 3A – Resumo das análises de variância de luminosidade (LP), croma (CP) e ângulo Hue da polpa (HP) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios		
		LP	CP	HP
Tempo	(7)	22,4824**	471,2187**	16,6550**
1º grau	1	31,6151**	3030,6034**	20,7239**
2º grau	1	49,8269**	82,9361**	45,0007**
3º grau	1	26,8810*	129,6083**	40,8182**
Desvio	4	12,2635*	13,8458^{ns}	2,5105^{ns}
Resíduo	16	3,2946	8,8996	1,4008
CV (%)		2,69	7,84	1,27

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns} Não-significativo.

Tabela 4A – Resumo das análises de variância de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), pH, relação SST/ATT (RSA), vitamina C (VC) e clorofila total (CLT) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios					
		SST	ATT	pH	RSA	VC	CLT
Tempo	(9)	3,8076**	64,1756**	0,2657**	35,8312**	49,6322**	241,5225*
1º grau	1	31,5033**	382,4266**	2,1241**	314,4831**	292,3137**	577,2011*
2º grau	1	0,0686^{ns}	169,7758**	0,0117**	0,0398^{ns}	21,5907**	986,5577**
3º grau	1	1,2007**	14,0834**	0,1688**	1,6559*	10,6356*	182,2889^{ns}
Desvio	6	0,2493^{ns}	1,8824**	0,0144**	1,0503*	20,3583**	71,2759^{ns}
Resíduo	20	0,1367	0,4309	0,0014	0,3321	2,3127	85,2283
CV (%)		5,05	20,14	1,15	9,95	9,48	27,95

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns} Não-significativo.

Tabela 5A – Resumo das análises de variância de amido (AD), açúcares solúveis totais (AST), redutores (AR) e não redutores (ANR) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios			
		AD	AST	AR	ANR
Tempo	(7)	1,9926**	2,0841**	0,3460**	1,5842**
1º grau	1	12,2454**	14,0634**	0,4470*	9,4958**
2º grau	1	1,3289*	$0,1095^{ns}$	1,6560**	0,9138*
3º grau	1	$0,1424^{ns}$	$0,1242 \times 10^{-4ns}$	$0,2913^{ns}$	$0,2879^{ns}$
Desvio	4	$0,0578^{ns}$	$0,1039^{ns}$	$0,0070^{ns}$	$0,0980^{ns}$
Resíduo	16	0,2231	0,0621	0,0686	0,1215
CV (%)		16,51	5,50	7,41	35,11

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns} Não-significativo.

Tabela 6A – Resumo das análises de variância de nitrogênio total (NT), não protéico (NNP) e protéico (NP), proteína bruta (PB) e verdadeira (PV) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios				
		NT	NNP	NP	PB	PV
Tempo	(7)	0,0357**	0,0135*	0,0086*	1,4067**	0,3326*
1º grau	1	0,1128**	0,0607**	$0,0087^{ns}$	4,4729**	$0,3374^{ns}$
2º grau	1	$0,0010^{ns}$	$0,0004^{ns}$	$0,0003^{ns}$	$0,0350^{ns}$	$0,0103^{ns}$
3º grau	1	0,0784**	$0,0100^{ns}$	0,0332**	3,0192**	1,2560**
Desvio	4	0,0144*	$0,0058^{ns}$	$0,0046^{ns}$	0,5800*	$0,1811^{ns}$
Resíduo	16	0,0043	0,0036	0,0023	0,1727	0,0872
CV (%)		10,30	11,08	51,33	10,45	50,85

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns} Não-significativo.

Tabela 7A – Resumo das análises de variância de carotenóides totais (CAT), fenólicos poliméricos (FP), oligoméricos (FO) e diméricos (FD) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios			
		CAT	FP	FO	FD
Tempo	(7)	0,3639**	59,8327**	58,2995**	174,9624**
1º grau	1	2,3438**	219,6586**	255,5895**	595,0196**
2º grau	1	0,1308*	27,1375^{ns}	17,2328^{ns}	260,6030**
3º grau	1	0,0106^{ns}	80,8028**	51,1012^{ns}	58,1674^{ns}
Desvio	4	0,0155^{ns}	22,8075^{ns}	21,0432^{ns}	77,7367*
Resíduo	16	0,0159	9,3287	11,6579	20,2477
CV (%)		15,99	10,52	11,69	13,26

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns} Não-significativo.

Tabela 8A – Resumo das análises de variância de pectina total (PT) e solúvel (PS), percentagem de solubilização de pectina (PSP), pectinas de alta metoxilação (PAM), de baixa metoxilação (PBM) e a protopectina (PROT) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios					
		PT	PS	PSP	PAM	PBM	PROT
Tempo	(7)	68625,1101**	636,5426^{ns}	28,7021^{ns}	1116272,3714**	94604,2948^{ns}	293709,8901**
1º grau	1	301020,6373**			4852145,8577**		1590706,3628**
2º grau	1	155768,6448**			688365,9603**		65437,1550^{ns}
3º grau	1	1507,2914^{ns}			136297,1220^{ns}		188703,6799**
Desvio	4	5519,7994^{ns}			534274,4149**		52780,5082*
Resíduo	16	2529,6703	271,4607	26,0690	59477,8282	84501,1646	17121,6863
CV (%)		13,84	34,84	37,16	18,43	18,15	17,72

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns} Não-significativo.

Tabela 9A – Resumo das análises de variância das atividades da pectinametilesterase (PME), da poligalacturonase (PG), da polifenoloxidase (PPO), da peroxidase (POD), amilásica total (AMLT), α-amilásica (α-AML) e β-amilásica (β-AML) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios						
		PME	PG	PPO	POD	AMLT	α-AML	β-AML
Tempo	(7)	4988,5094^{ns}	163,8706**	2460,6940*	155,6981**	0,1823*	0,2942**	0,0770^{ns}
1º grau	1		197,8011**	519,5786^{ns}	98,2002**	1,0818**	1,4347**	
2º grau	1		583,3814**	10411,4133**	656,6182**	0,0264^{ns}	0,0765^{ns}	
3º grau	1		34,9608^{ns}	534,5928^{ns}	133,5866**	0,1411^{ns}	0,0923^{ns}	
Desvio	4		82,7377**	1439,8184^{ns}	50,3704**	0,0067^{ns}	0,1139*	
Resíduo	16	2274,5710	8,4346	766,9297	8,8731	0,0451	0,0331	0,0323
CV (%)		23,66	9,34	5,09	12,42	7,75	7,32	70,29

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns} Não-significativo.

Tabela 10A – Resumo das análises de variância das atividades α-galactosidásicas de citosol (α-GAL_c) e de parede celular (α-GAL_p), β-galactosidásicas de citosol (β-GAL_c) e de parede celular (β-GAL_p), proteína de citosol (P_c) e de parede celular (P_p) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios					
		α-GAL_c	α-GAL_p	β-GAL_c	β-GAL_p	P_c	P_p
Tempo	(7)	793,3285**	29,2356*	0,4999**	0,1640**	0,0008**	0,0002^{ns}
1º grau	1	3195,1607**	60,4033*	2,2081**	0,6916**	0,0004 x 10^{-4ns}	
2º grau	1	793,7122**	7,0858^{ns}	1,0569**	0,0034^{ns}	0,0024**	
3º grau	1	527,4689*	4,4071^{ns}	0,0260*	0,0061^{ns}	0,0005*	
Desvio	4	259,2395*	33,1883*	0,0521**	0,1117**	0,0006**	
Resíduo	16	70,9862	8,9741	0,0046	0,0186	0,0001	0,0001
CV (%)		22,95	26,54	16,59	23,01	32,89	53,67

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e de 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{ns} Não-significativo.