



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA DE SEMENTES

DESENVOLVIMENTO, ARMAZENAMENTO E SECAGEM DE
TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.)

Kátia Cristina de Oliveira Gurjão

AREIA-PB
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

KÁTIA CRISTINA DE OLIVEIRA GURJÃO

Tese aprovada em: /Março / 2006

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida (UEA/CTRN/UFCG)

Orientador

Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho (UFCE)

Examinador

Profa. Dra. Rossana Maria F. de Figueiredo (UEA/CTRN/UFCG)

Examinadora

Prof. Dr. Ricardo Elesbão Alves (Embrapa/Agroindústria Tropical)

Examinador

Prof. Dr. Genildo Bandeira Bruno (CCA/UFPB)

Examinador

KÁTIA CRISTINA DE OLIVEIRA GURJÃO

**DESENVOLVIMENTO, ARMAZENAMENTO E SECAGEM DE
TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte integrante dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Comitê de Orientação

Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida

Prof. Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno

Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira

Prof. Dr. Jacinto Luna Batista

AREIA/PB
Março/2006

DEDICATORIA

Dedico este trabalho ao meu amado pai,

Inácio de Farias Gurjão

(In memoriam)

A minha mãe: Severina de Oliveira Gurjão, pelo exemplo de vida, amor e dedicação;

Aos meus irmãos: Zezé, Adelson, Fernando, Roberto, Marcos, Nenen, Marcone e Goreth, por nosso feliz encontro nessa vida;

Ao meu marido: José Gleriston Almeida de Sousa, pelo amor, apoio e compreensão.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao nosso Deus Pai, Deus filho e Espírito Santo, pelas graças recebidas todos os dias desta caminhada.

À Escola Agrotécnica Federal de Sousa, na pessoa do Srs. Diretores Francisco Tomáz de Oliveira e Francisco Sicupira de Andrade Filho, por minha liberação para estudos de pós-graduação.

À Universidade Federal da Paraíba/CCA-Areia, pela oportunidade e condições oferecidas durante a realização do curso.

À Profa. Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno, Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de partilhar do seu convívio científico, orientação, apoio e amizade.

Ao Prof. Dr Francisco de Assis Cardoso Almeida, pela orientação segura, interessada e participativa; pela confiança em mim depositada e por poder contar com sua amizade.

Ao Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira pelas sugestões e orientações nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Jacinto Luna Batista, pelas sugestões.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação da UFPB/CCA, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários do Laboratório de Sementes da UFPB/CCA, Eng. Agron. Antônio Alves de Lima e dos laboratoristas Rui Barbosa da Silva e Severino Francisco dos Santos, pela disponibilidade.

Ao Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos do Centro de Formação de Tecnólogos da Universidade Federal da Paraíba - CFT/UFPB, Campus III, Bananeiras, em especial, ao laboratorista Gerônimo Galdino pela disponibilidade e ajuda nas análises químicas.

Ao Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas (DEAg) e Laboratório de Processos Químicos (DEQ), ambos da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelo apóio na realização dos estudos de secagem.

Aos amigos da pós-graduação, Prof. Mauro, Daniella, Helber, Flávia, Luciana, Silvia e Robson, pelo belo exemplo de amizade.

Aos professores e funcionários da Escola Agrotécnica Federal de Sousa, Fátima Lacerda, Dourinha, Heloisa, Luciana, Joãozinho, Pedrinho e Iramirton, pela ajuda e disponibilidade na realização deste trabalho na EAFS.

Às professoras da EAFS e amigas do coração, Rosângela, Cândida e Francinez, por escutarem meus desabaços e retornarem com carinhosos e sábios conselhos.

A minha amiga de infância, Roselene de Lucena Alcântara, pelas nossas intermináveis conversas.

As minhas sobrinhas, Katianara, Aline, Elaine, Mariana e Bárbara, pela ajuda na preparação das amostras.

A todos que, de alguma forma, participaram dessa luta.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xvi
RESUMO	xviii
ABSTRACT	xx
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1. DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS E SEMENTES DE TAMARINDO	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
2.1. Localização geográfica do experimento.....	7
2.2. Clima.....	7
2.3. Caracterização da área experimental.....	8
2.4. Análises laboratoriais.....	9
2.4.1. Análise estatística I.....	10
2.4.2. Análise estatística II.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
3.1. Desenvolvimento dos frutos de tamarindo	12
3.1.1. Comprimento, largura, espessura e massa da matéria seca dos frutos .	12
3.1.2. Análise objetiva da cor.....	59
3.1.3. Teor de água dos frutos	16
3.1.4.Sólidos solúveis totais (SST).....	18
3.1.5. Açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR).....	20
3.1.6. Acidez Total Titulável (ATT) e pH	23
3.1.7. Relação sólidos solúveis totais/ acidez total titulável (SST/ATT).....	25
3.1.8. Vitamina C	26
3.1.9. Amido.....	28
3.2. Desenvolvimento das sementes de tamarindo	29
3.2.1.Comprimento, largura, espessura, teor de água, massa seca e germinação das sementes.....	29
3.2.2. Avaliação objetiva da cor das sementes de tamarindo.....	32

3.2.3. Substâncias de reserva das sementes de tamarindo.....	33
4. CONCLUSÕES	37

**CAPÍTULO 2. CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE TAMARINDO SOB
ATMOSFERA MODIFICADA..... 38**

1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
2.1. Análises laboratoriais.....	43
2.2. Delineamento experimental	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.1. Armazenamento de frutos de tamarindo	46
3.1.1. Teor de água dos frutos.....	46
3.1.2. Coloração dos frutos.....	50
3.1.3. Solúveis totais (SST).....	52
3.1.4. Acidez total titulável (ATT).....	55
3.1.5. pH.....	58
3.1.6. Vitamina C	60
3.1.7. Relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável (SST/ATT)	63
3.2. Armazenamento de sementes de tamarindo.....	65
3.2.1. Teor de água das sementes.....	65
3.2.2. Germinação e vigor das sementes.....	67
3.2.3. Coloração das sementes.....	71
3.2.4. Infestação das sementes	72
4. CONCLUSÕES	77

**CAPÍTULO 3. SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA PARA OBTENÇÃO
DO TAMARINDO EM PÓ..... 78**

1. INTRODUÇÃO	79
2. MATERIAL E MÉTODOS	82
2.1. Local de realização do experimento	82
2.2. Matéria-prima	82
2.3. Desidratação	82

2.4. Análises físicas, físico-químicas e químicas	83
2.5. Delineamento experimental	83
2.6. Curvas de secagem	83
2.6.1. Modelos matemáticos	84
2.7. Isotermas de adsorção de umidade.....	85
2.7.1. Umidade de equilíbrio	86
2.7.2. Modelos matemáticos	86
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
3.1. Cinética de secagem	89
3.2. Análises físico-químicas e químicas.....	93
3.3. Isotermas de adsorção de umidade.....	99
4. CONCLUSÕES	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
APÊNDICES.....	130
Apêndice A	131
Apêndice B.....	137
Apêndice C	139

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1. DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS E SEMENTES DE TAMARINDO

- Figura 1.** Mapa da localização geográfica do perímetro irrigado de São Gonçalo-PB..... 7
- Figura 2.** Aspecto geral da área experimental (a) e detalhe da marcação de um ramo da tamarindeira (b) contendo 50% das flores em antese. EAFS-PB, perímetro irrigado de São Gonçalo, PB. 9
- Figura 3.** Formação do fruto de tamarindo durante o seu desenvolvimento (cinco dias após a antese)..... 12
- Figura 4.** Formação da polpa de tamarindo, 70 dias após a antese (a) e semente, 130 dias após a antese (b), durante o seu desenvolvimento..... 13
- Figura 5.** Separação dos componentes (casca, polpa e semente) dos frutos de tamarindo durante o seu desenvolvimento (190 dias após a antese)..... 13
- Figura 6.** Comprimento (a), largura (b), espessura (c) e massa da matéria seca (d) de frutos de tamarindo durante o seu desenvolvimento. 14
- Figura 7.** Análise objetiva da cor do fruto de tamarindo L^* (◆), a^* (<) e b^* (▲) durante o seu desenvolvimento. 16
- Figura 8.** Teor de água dos frutos de tamarindo (◆) durante o seu desenvolvimento. 17
- Figura 9.** Sólidos solúveis totais (SST) do fruto inteiro (◆), casca (<) e polpa (▲) de tamarindo durante o seu desenvolvimento. 18
- Figura 10.** Açúcares redutores (AR) (a), açúcares não redutores (ANR) (b) e açúcares totais (AST) (c) da casca (<) e polpa (▲) de tamarindo durante o seu desenvolvimento. 21

Figura 11. Acidez total titulável (% ácido tartárico) (a) e pH (b) do fruto inteiro (♦), casca (<) e polpa (▲) de tamarindo durante o seu desenvolvimento. ...	24
Figura 12. Relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável (SST/ATT) da polpa de tamarindo durante o seu desenvolvimento.	25
Figura 13. Teor de vitamina C do fruto inteiro (♦), casca (<) e polpa (▲) de tamarindo durante o seu desenvolvimento.	27
Figura 14. Teor de amido do fruto inteiro (♦), casca (<) e polpa (▲) de tamarindo durante o seu desenvolvimento.	28
Figura 15. Comprimento (a), largura (b), espessura (c), teor de água (d), massa seca (e) e germinação (f) de sementes de tamarindo durante o seu desenvolvimento.	31
Figura 16. Análise objetiva da cor L* (♦), a* (<) e b* (▲) das sementes de tamarindo durante o seu desenvolvimento	33
Figura 17. Amido das sementes de tamarindo durante o seu processo de desenvolvimento.	34
Figura 18. Proteína das sementes de tamarindo durante o seu desenvolvimento...	35
 CAPÍTULO 2. CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE TAMARINDO SOB ATMOSFERA MODIFICADA	
Figura 1. Seqüência para o armazenamento dos frutos de tamarindo	42
Figura 2. Variação na coloração dos frutos de tamarindo acondicionados em embalagem a vácuo (CV) e sem vácuo (SV) e armazenados em ambiente natural (AN) e câmara (AC): (P0) caracterização, (P3) aos 3 meses de armazenamento, (P6) aos 6 meses de armazenamento.....	47

Figura 3. Teor de água (%) dos frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV)	49
Figura 4. Luminosidade (L*) dos frutos de tamarindo armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).....	51
Figura 5. Sólidos solúveis totais (°Brix) dos frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV)	54
Figura 6. ATT (% de ácido tartárico) dos frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).....	58
Figura 7. pH de frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).....	59
Figura 8 Vitamina C (g/100g) de frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV)	62
Figura 9. Relação SST/ATT de frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).....	64
Figura 10. Teor de água (%) das sementes de tamarindo dos frutos armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).....	67
Figura 11. Germinação (%) das sementes de tamarindo dos frutos armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).....	69

- Figura 12.** Comprimento aéreo da plântula (cm) das sementes de tamarindo dos frutos armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV) 70
- Figura 13.** Luminosidade (L^*) das sementes de tamarindo dos frutos armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV)..... 72
- Figura 14.** Infestação (%) pelo *Sitophilus linearis* (Herbst), das sementes de tamarindo dos frutos armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV)..... 75

CAPÍTULO 3. SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA PARA OBTENÇÃO DO TAMARINDO EM PÓ

- Figura 1.** Curvas de secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C. 90
- Figura 2.** Curvas de secagem da polpa de tamarindo para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, com ajuste pelo modelo de Midilli e Kucuk..... 92
- Figura 3.** Curvas de secagem da polpa de tamarindo para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, com ajuste pelo modelo de Page 92
- Figura 4.** Curvas de secagem da polpa de tamarindo para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, com ajuste pelo modelo de Henderson e Pabis 93
- Figura 5.** Valores médios da vitamina C (mg/100g), para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C 94
- Figura 6.** Valores médios da Luminosidade (L^*), para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C .95

Figura 7. Valores médios da cor (Matiz), para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C	96
Figura 8. Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix), para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C	97
Figura 9. Valores médios do pH, para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C	98
Figura 10. Valores médios da acidez total titulável (ATT % de ácido tartárico), para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C	99
Figura 11. Isotermas de adsorção de umidade do extrato em pó do tamarindo, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C	101
Figura 12. Isotermas de adsorção de umidade do extrato em pó do tamarindo, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C, ajustada pelo modelo de Peleg ..	105
Figura 13. Distribuição dos resíduos da equação de Peleg para as temperaturas de 20°C (a), 30°C (b), 40°C (c) e 50°C (d) em função dos valores estimados.....	103

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1. DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS E SEMENTES DE TAMARINDO

Tabela 1-Dados climatológicos referentes ao ano de 2003 (médias mensais) 8

CAPÍTULO 2. CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE TAMARINDO SOB ATMOSFERA MODIFICADA

Tabela 1. Temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar durante os meses de armazenamento em ambiente natural (médias mensais) 43

Tabela 2. Caracterização dos frutos de tamarindo para o armazenamento 43

Tabela 3. Valores médios do teor de água (%) dos frutos de tamarindo, para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento..... 46

Tabela 4. Valores médios da Luminosidade (L*) de frutos de tamarindo, para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento..... 50

Tabela 5. Valores médios do teor dos sólidos solúveis totais (°Brix), de frutos de tamarindo para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento 53

Tabela 6. Valores médios do teor de sólidos solúveis totais (°Brix), de frutos de tamarindo para a interação entre embalagem e tempo de armazenamento53

Tabela 7. Valores médios da acidez total titulável (% de ácido tartárico) de frutos de tamarindo, para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento56

Tabela 8. Valores médios da acidez total titulável (% de ácido tartárico), de frutos de tamarindo para a interação entre embalagem e tempo de armazenamento56

Tabela 9. Valores médios da vitamina C (mg/100g), de frutos de tamarindo para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento..... 60

Tabela 10. Valores médios da vitamina C (mg/100g), de frutos de tamarindo para a interação entre embalagem e tempo de armazenamento..... 61

Tabela 11. Valores médios do teor de água (%) das sementes de tamarindo, para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento.....	65
Tabela 12. Valores médios da germinação (%) das sementes de tamarindo, para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento.....	68
Tabela 13. Valores médios da Infestação (%) pelo <i>Sitophilus linearis</i> (Herbst), em sementes de tamarindo para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento	73
Tabela 14. Valores médios da Infestação (%) pelo <i>Sitophilus linearis</i> (Herbst), em sementes de tamarindo para interação entre embalagem e tempo de armazenamento	74

CAPÍTULO 3. SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA PARA OBTENÇÃO DO TAMARINDO EM PÓ

Tabela 1. Parâmetros de ajuste dos modelos das curvas de cinética de secagem da polpa de tamarindo, coeficientes de determinação (R^2) e Desvios Quadráticos Médio (DQM)	91
Tabela 2. Valores experimentais de umidade de equilíbrio (U_{eq} , bs) para adsorção do extrato em pó do tamarindo em função da atividade de água (A_w) para as temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C	100
Tabela 3. Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção da polpa em pó de tamarindo, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para as temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C	102

RESUMO

O tamarindeiro é uma planta nativa da África tropical se mostrando bem adaptada às condições tropicais brasileiras, com boas perspectivas de mercado pelo crescente interesse dos consumidores por frutas tropicais. As poucas informações referentes ao desenvolvimento, armazenamento e secagem desta frutífera motivaram a realização de três experimentos. O primeiro, para acompanhar o desenvolvimento de frutos e sementes de tamarindo. Para tanto, foram marcados ramos em antese em 13 árvores localizadas em um pomar na Escola Agrotécnica Federal de Sousa, com colheitas dos frutos realizadas dos 20 aos 280 dias após a antese, avaliando-se em cada colheita: dimensões (comprimento, largura e espessura), massa da matéria seca e teor de água dos frutos e sementes; germinação das sementes; cor dos frutos e sementes; sólidos solúveis totais; acidez total titulável; vitamina C; pH e açúcares redutores e não redutores do fruto; teor de amido de frutos e sementes e teor de proteína das sementes. No segundo experimento, estudou-se o comportamento dos frutos e sementes de tamarindo, acondicionados em embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD), seladas ou não a vácuo e armazenadas em câmara de refrigeração e ambiente natural por seis meses. As características avaliadas foram: teor de água, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, vitamina C, pH e cor dos frutos; teor de água, cor, germinação e infestação das sementes. O delineamento utilizado no primeiro e segundo experimento foi o inteiramente casualizado com os dados submetidos à análise de variância e regressão para as respostas não qualitativas. O terceiro experimento objetivou avaliar a temperatura a ser recomendado na secagem da polpa de tamarindo, para a produção do extrato em pó e também o equilíbrio higroscópico através das curvas de adsorção de umidade. A desidratação da polpa deu-se pelo processo de secagem em camada de espuma, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C. O extrato obtido foi avaliado em relação à cor, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, vitamina C e pH. Para a secagem, estudaram-se os modelos de Page, Henderson e Pabis, Midilli e Kucuk ajustados por regressão não lineares e para as isotermas de adsorção do extrato em pó, os modelos de GAB, Oswin, Peleg, Halsey e Smith. Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões: O crescimento dos frutos de tamarindo pode ser descrito por um modelo sigmoidal simples; os frutos atingem o ponto de consumo “*in natura*” por volta de 280 dias após a antese; a maturação fisiológica das

sementes dá-se aos 270-280 dias após a antese; os frutos acondicionados em embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD) seladas ou não a vácuo, e armazenadas em ambiente de câmara mantêm melhor a sua qualidade. As temperaturas de 60 e 70°C foram as melhores para a secagem da polpa de tamarindo, considerando os principais atributos de qualidade: vitamina C, cor e pH. A equação de Midilli e Kucuk foi a que melhor representou os dados de secagem da polpa e o de Peleg os das isothermas de adsorção do extrato em pó do tamarindo.

ABSTRACT

The Tamarindeiro is a native plant from tropical Africa. It is well adapted to Brazilian tropical conditions, having great market perspectives because of consumers' crescent interests for tropical fruits. Such little information regarding to the development, storage and drying of this fruitful tree motivated the accomplishment of three experiments. The first one aimed to accompany tamarind fruits and seeds development. In order to do so, branches were marked in anthesis in 13 located trees in an orchard in School Federal Agrotécnica of Sousa, with fruit crops accomplished from 20 to 280 days after anthesis. The following aspects were evaluated in each crop: dimensions (length, width and thickness), dry matter and seeds and fruits water content ; seeds germination; fruits and seeds color; soluble solids; titratable acidity; vitamin C; pH and reducing and non-reducing sugars of the fruit; fruits and seeds starch content and seeds protein content. In the second experiment, tamarind fruits and seeds behavior was studied, when they were conditioned in low density polyethylene packing (PEBD), stamped or not to vacuum and stored in cooling camera and natural atmosphere for six months. The appraised features were: moisture, soluble solids, titratable acidity, vitamin C, pH and fruits color; moisture, color, germination and infestation of the seeds. An entirely random blocks design was used for the first and for the second experiment with data submitted to variance analysis and regression for the non qualitative answers. The third experiment aimed to evaluate the recommendable temperature for the drying of the tamarind pulp *in natura*, in order to get the powdered extract production and also to promote hygroscopic balance through moisture adsorption isotherms. Pulp dehydration occurred by means of the drying process in foam layer, reaching temperatures of 50, 60, 70 and 80°C. The obtained extract was evaluated in relation to the color, soluble solids, titratable acidity, vitamin C and pH. Page's, Henderson's and Pabis's models were studied for the drying, besides the Midilli and Kucuk's model, adjusted by non lineal regressions. For the powdered extract adsorption isotherms, GAB's, Oswin's, Peleg's, Halsey's and Smith's models were used. The obtained results allowed the following conclusions: tamarind fruits growth can be described by a simple sigmoid model; fruits reach the consumption point "in natura" about 280 days after anthesis; seeds physiologic maturation occurs about 277 days after anthesis; fruits were conditioned in low density polyethylene packings (PEBD) stamped or not to vacuum.

When stored in camera environment, those packings maintain a better quality of the seeds. Temperatures of 60°C and 70°C were the best ones for tamarind pulp drying, considering the main quality attributes: vitamin C, color and pH. Midilli and Kucuk's equation was the one which best represented pulp in natura drying data, while Peleg's model did so when it comes to tamarind powdered extract adsorption isotherms data.

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial de Areia-PB, CCA/UFPB. Bibliotecária: Elisabete Sirino da Silva CRB-4/905

G978d Gurjão, Kátia Cristina de Oliveira

Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) / Kátia Cristina de Oliveira Gurjão - 2006.

142 f.

Tese Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2006.

Bibliografia.

Orientadores: Francisco de Assis C. Almeida; Riselane de L.A. Bruno; Walter Esfrain Pereira; Jacinto Luna Batista.

1. Leguminosas-desenvolvimento 2. Tamarindo-armazenamento e secagem
3. Tamarindo (*Tamarindus indica* L.)- sementes-desenvolvimento-frutos.
I. Almeida, Francisco de Assis Cardoso et al. II. Título

CDU: 634.46 (043.2)

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, há uma maior consciência das populações sobre a importância do consumo de alimentos saudáveis na prevenção de doenças e na melhoria da qualidade de vida, resultando em aumento mundial no consumo de frutas, principalmente, tropicais, o qual é verificado pela sua crescente comercialização. De acordo com a FAO (2003), a comercialização mundial de produtos derivados de frutas cresceu mais de cinco vezes nos últimos quinze anos. O Brasil se destaca por ser um dos maiores produtores de frutas do mundo, as quais são cultivadas e comercializadas em grande escala (BRUNINI et al., 2002).

As frutas tropicais têm evoluído bastante na preferência dos consumidores mais exigentes, principalmente, no que se refere às características de sabor e aroma, existindo uma tendência de crescimento no mercado nacional e internacional.

O Nordeste brasileiro apresenta condições climáticas favoráveis ao cultivo de diferentes frutíferas de origem tropical, como se pode verificar pela expressiva diversidade de espécies nativas encontradas na região, ao lado de outras, exóticas, introduzidas de ecossistemas equivalentes e que se adaptaram bem, comportando-se de modo semelhante ao do material nativo, a exemplo da jaqueira, fruta-pão, sapotizeiro, entre outras.

Arruda e Nolasco (1986) consideram que a existência de um grande número de espécies frutíferas vegetando no Brasil, principalmente, no Nordeste, sem as informações necessárias sobre o desenvolvimento vegetativo, início de produção, época de floração, incidência de pragas e doenças, além da descrição botânica, constitui uma lacuna importante que deve ser preenchida o mais rapidamente possível.

Entre as frutíferas tropicais exóticas, o tamarindo (*Tamarindus indica* L.), destaca-se por apresentar excelentes qualidades nutricionais. Pelo seu agradável aroma e sabor ácido-doce, o fruto é muito utilizado na fabricação de refrescos, sorvetes, pastas, doces, licores, geléias e também como ingrediente em condimentos e molhos (PEREIRA et al., 2004).

Ishola e Agbaji (1990) afirmaram que o fruto contém sais minerais, carboidratos e ácidos; e Lefreve (1971) reportou quantidades consideráveis de potássio (78 mg/100g), fósforo (119 mg/100g), cálcio (74 mmg/100g) e vitamina A

(20 a 50 U.I) na polpa de tamarindo. Esses componentes conferem ao tamarindo qualidades terapêuticas, com largo uso na indústria farmacêutica, como atividade laxante, sendo cientificamente reconhecida e adotada pelas farmacopéias de quase todo o mundo, área em crescente expansão pelo aumento do uso de medicamentos naturais. A partir de geléias e extratos secos obtidos da polpa dos frutos de tamarindo foram registrados as seguintes atividades: antioxidante e antimicrobiana contra fungos e bactérias causadoras de dermatoses e infecções intestinais, a exemplo de *Escherichia coli* e *Vibrio cholera*. A polpa é usada especialmente como laxante suave no tratamento da prisão de ventre, tendo a propriedade de evitar a formação de cristais de oxalato de cálcio na urina (MATOS, 2002).

O Perímetro Irrigado de São Gonçalo está localizado na zona fisiográfica do Sertão Paraibano sendo considerada a localidade onde o sol mais brilha no Brasil, que, aliado às demais características, lhe confere aptidão para a exploração da fruticultura. A região possui um pomar de tamarindo, introduzido por ocasião da implantação do perímetro irrigado, com árvores de aproximadamente 50 anos. Os frutos dessa leguminosa são colhidos por alguns agricultores e comercializados para a indústria de processamento. A exploração da cultura é feita empiricamente, sem nenhum conhecimento técnico da sua fisiologia, estádios de maturação, colheita e armazenamento, acarretando grandes perdas na comercialização e, conseqüentemente, na qualidade do produto.

Parte desse pomar de tamarindo está inserido na área pertencente à Escola Agrotécnica Federal de Sousa, que comercializa essa produção, sendo boa parte dela armazenada na forma de polpa, para ser fornecida aos estudantes, durante o ano letivo, como complemento alimentar. Quanto à comercialização, grande parte da produção é perdida, durante o armazenamento, por ataque de pragas que chega a depreciar o produto, causando um sabor desagradável à polpa e tornando-a imprestável para o consumo.

Em virtude do curto período de colheita do tamarindo, da sua perecibilidade e, conseqüentemente, dificuldade para o processamento industrial ou consumo *in natura*, há necessidade de armazenamento para regular e aumentar o período da oferta do produto no mercado.

A tecnologia de alimentos tem, entre seus elementos de estudo, o aumento da vida útil do produto alimentício. Nesse sentido, deve criar condições nas quais o alimento esteja protegido e livre das ações malélicas dos fatores que condicionam

sua deterioração. De acordo com Jayaraman e Das-Gupta (1992) o principal objetivo do processamento de alimentos é convertê-los em produtos mais estáveis que possam ser estocados por longos períodos, tendo como técnicas mais importantes o congelamento e a desidratação.

Pesquisas referentes ao desenvolvimento de frutos e sementes, como também formas de utilização pós-colheita de tamarindo são carentes no Nordeste e, necessita-se de informações para se estabelecer técnicas de colheita, manuseio, conservação e processamento pós-colheita, assim como definir índices de maturação e qualidade, que irão contribuir para a colheita e conseqüentemente, comercialização e utilização do produto com o máximo de qualidade, beneficiando a dieta alimentar dos consumidores em geral e ampliando e/ou criando mais uma fonte de renda para os agricultores.

Tratando-se de uma cultura pouco estudada no Brasil, como é o caso do tamarindo, torna-se necessário o estudo do desenvolvimento de seus frutos e sementes desde o início de sua formação até a colheita, assim como conhecimento sobre secagem armazenamento e, mais especificamente:

- Avaliar o processo de desenvolvimento de frutos e sementes de tamarindo desde a antese até a maturação, através de medidas físicas e químicas;
- Estudar o efeito do armazenamento nos frutos e sementes acondicionados em embalagem de polietileno de baixa densidade sob ambiente natural e refrigeração;
- Avaliar a secagem da polpa *in natura* de tamarindo desidratada pelo processo de secagem em camada de espuma.

CAPÍTULO 1

DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS E SEMENTES DE TAMARINDO

1. INTRODUÇÃO

O tamarindo pertence à família Leguminosae, originário da África tropical, de onde se dispersou por todas as regiões tropicais. No Brasil, a primeira citação dessa planta foi feita no início do século XII. O maior produtor mundial de tamarindo é a Índia, com uma produção estimada de 250 mil toneladas métricas por ano (INTERNATIONAL CENTRE FOR UNDERUTILISED CROPS, 2004).

A utilização do tamarindo dá-se, principalmente, a partir da polpa, no preparo de doces, sorvetes, licores, sucos concentrados e ainda como tempero para arroz, carne, peixe e outros alimentos. Buesco (1980) destacou as diversas utilidades do tamarindo desde raízes, cascas, fibras, folhas e principalmente frutos como fonte de energia para a alimentação humana.

Segundo Sousa et al. (1991) a análise fitoquímica da polpa do fruto registra um conteúdo de cerca de 10% de ácido tartárico livre, 8% de tartarato ácido de potássio e 25 a 40% de frutose ou açúcar invertido, pectina e substâncias aromáticas.

O potencial de conservação de um fruto está diretamente relacionado, não só com o manejo adequado após a colheita, mas também, com as condições climáticas durante a produção e com as práticas culturais adotadas (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Desta forma, manejos inadequados na colheita e pós-colheita aceleram os processos de senescência, afetando sensivelmente a qualidade e limitando ainda mais o período de comercialização.

Estudos referentes ao processo de desenvolvimento de frutos e sementes constituem aspectos de grande importância para a implantação de estratégias de colheita, como também para se estabelecer técnicas adequadas de armazenamento pós-colheita, capazes de aumentar a vida útil, visando um melhor aproveitamento do potencial de comercialização do fruto.

O desenvolvimento e a maturação das sementes são aspectos importantes a serem considerados na tecnologia de sementes, pois entre os fatores que determinam a qualidade das sementes estão as condições de ambiente predominantes na fase de florescimento/frutificação e a colheita na época adequada. Portanto, o conhecimento de como se processa a maturação das sementes e dos principais fatores envolvidos é de fundamental importância para a orientação dos produtores de sementes, auxiliando no controle de qualidade, principalmente no que

se refere ao planejamento e a definição da época ideal de colheita, visando qualidade e produtividade (DIAS, 2001).

A correta determinação do estágio de maturação em que o fruto se encontra é essencial para que a colheita seja efetuada no momento certo. Para isso, são utilizados os chamados índices de maturação, que compreendem características físicas ou químicas que sofrem mudanças perceptíveis ao longo do processo de maturação dos frutos. Os índices de maturação devem assegurar a obtenção de frutos de boa qualidade, no que se refere às características sensoriais durante o armazenamento, visando melhor aproveitamento do potencial de comercialização do fruto (KLUGE et al., 2002).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) a determinação da maturidade pode ser feita utilizando-se vários indicadores; físicos (firmeza, peso, diâmetro e volume), visuais (cor da casca), químicos (porcentagem de acidez, sólidos solúveis totais e teor de amido) e fenológicos (dias após a antese).

A determinação do estágio de maturação com base em apenas um dos indicadores descritos anteriormente é normalmente falha. É necessário que o maior número de métodos possíveis sejam utilizados de modo integrado, já que o processo de maturação envolve inúmeras mudanças e estas estão sujeitas tanto a variações ambientais quanto varietais. Além disso, os índices utilizados para a determinação do estágio de maturação devem ser práticos, para que os produtores possam utilizá-los de maneira eficiente.

Desta forma, os objetivos desta pesquisa foram:

- Estabelecer o número de dias do início da frutificação à colheita do tamarindo para a região do estudo;
- Estudar o crescimento e maturação fisiológica dos frutos e sementes do tamarindo;
- Acompanhar as alterações físico-químicas da frutificação à colheita do tamarindo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização geográfica do experimento

O experimento foi instalado na Escola Agrotécnica Federal de Sousa-PB (EAFS-PB), localizada no perímetro irrigado de São Gonçalo, na zona fisiográfica do Sertão Paraibano a 220 metros de altitude, de coordenadas geográficas latitude $6^{\circ}45'33''$ Sul e longitude $38^{\circ}13'41''$ Oeste (Figura 1).

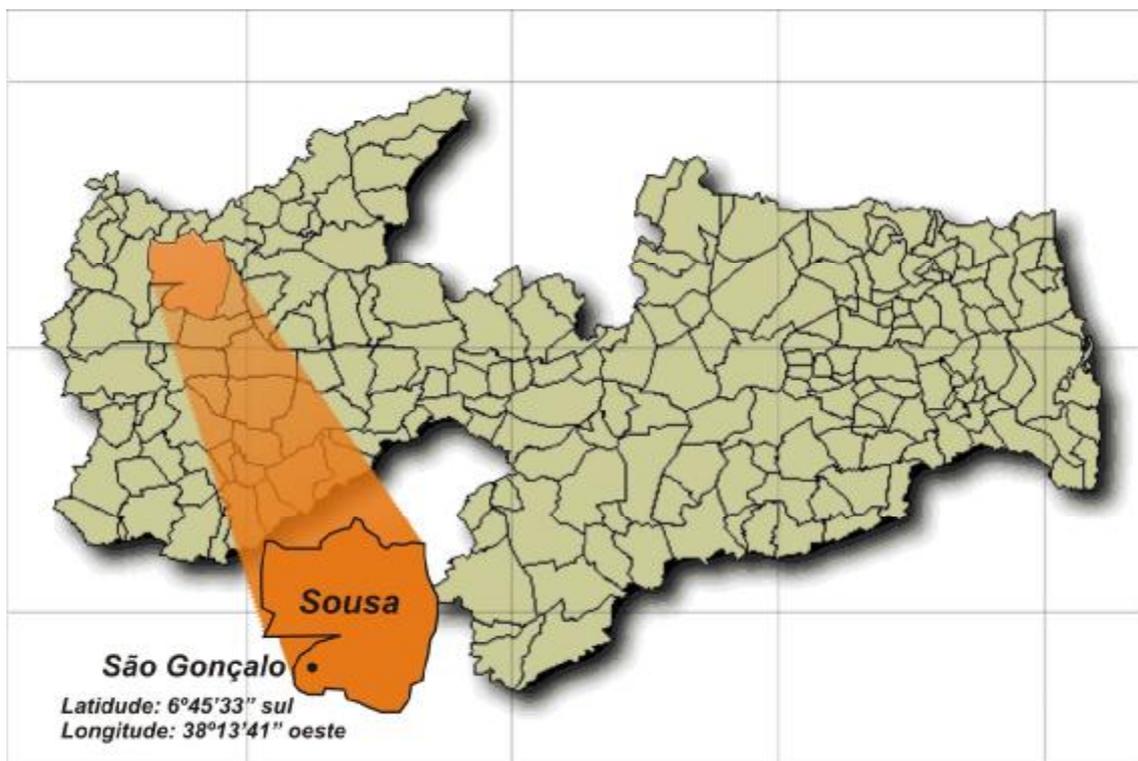


Figura 1. Mapa de localização geográfica do perímetro irrigado de São Gonçalo-PB.

2.2. Clima

A precipitação média anual registrada na região do perímetro irrigado é de 894 mm, com período chuvoso se estendendo de janeiro a maio. A temperatura média anual é de 28°C , umidade relativa de 60%, evaporação de 3.056,6 mm e insolação de 3.058 horas/ano. De acordo com a classificação de Koppen, este é classificado em Bsh, semi-árido quente. Os dados médios mensais de precipitação, temperaturas médias, máximas e mínimas, umidade relativa do ar e insolação para o ano de 2003, constantes na Tabela 1, foram coletados na Estação de Meteorologia Climatológica Principal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, São Gonçalo, PB.

Tabela 1-Dados climatológicos referentes ao ano de 2003 (médias mensais)

Meses	Temperatura média (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima(° C)	Umidade relativa (%)	Precipitação total (mm)	Insolação total (cal)
Janeiro	28,0	37,8	19,0	62	101,2	263,5
Fevereiro	26,4	33,8	20,8	70	266,1	213,6
Março	28,9	34,0	19,4	79	210,9	269,0
Abril	26,0	32,8	20,0	78	234,7	274,2
Mai	25,8	34,8	18,2	73	10,9	266,7
Junho	25,9	34,2	16,0	57	10,7	267,0
Julho	26,1	34,8	14,2	55	27,6	290,3
Agosto	26,9	36,4	16,2	53	7,3	316,7
Setembro	27,6	36,6	18,0	55	0,9	304,4
Outubro	28,2	37,8	19,2	59	0,0	321,8
Novembro	28,4	37,6	20,0	60	5,2	318,0
Dezembro	28,8	37,8	21,8	66	1,7	269,4
Média	27,25	35,70	18,57	63,92	73,10	281,22

FONTE: Estação de Meteorologia Climatológica Principal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-São Gonçalo, PB.

2.3. Caracterização da área experimental

O trabalho foi realizado de fevereiro a dezembro de 2003, utilizando árvores de um pomar localizado na Escola Agrotécnica Federal de Sousa, Sousa-PB. Os tamarindeiros apresentavam-se adultos em produção e com espaçamento irregular. Selecionaram-se 13 árvores com características semelhantes de desenvolvimento e 50% das inflorescências em antese, cujos ramos que as continham foram marcadas com fios de lã (Figura 2), e as avaliações realizadas aos 20, 40, 70, 100, 130, 160, 190, 220, 250, 270 e 280 dias após a antese.



Figura 2. Aspecto geral da área experimental (a) e detalhe da marcação de um ramo da tamarindeira (b) contendo 50% das flores em antese. EAFS-PB, perímetro irrigado de São Gonçalo, PB.

2.4. Análises laboratoriais

Inicialmente, até os 130 dias após a antese, as análises químicas, provenientes de cada colheita foram realizadas do fruto inteiro por este não permitir a separação de seus componentes; aos 160 dias deu-se a extração das sementes e aos 190 dias, a polpa da casca, quando então, as análises químicas da casca, polpa e sementes foram realizadas separadamente.

As avaliações e determinações que se seguem foram realizadas no Laboratório de Análise de Sementes, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba - CCA/UFPB, Campus II, Areia, PB.

- a) Dimensões (comprimento, largura e espessura de frutos e sementes (cm): determinados através de medições diretas com auxílio de um paquímetro;
- b) Massa da matéria seca dos frutos (g): mediante secagem em estufa a 65°C até peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ,1985);
- c) Teor de água dos frutos (%): determinado conjuntamente com a massa da matéria seca dos frutos, pela diferença entre o peso fresco e seco do fruto.

- d) Teor de água das sementes (%): determinado pelo método padrão da estufa $105^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24h, segundo as prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992);
- e) Massa seca da semente (g): determinado conjuntamente com o teor de água, antes e após a permanência das sementes em estufa a $105^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24h;
- f) Teste de germinação: realizado em substrato de papel toalha “germitest”, umedecido com 2,5 vezes o seu peso com água destilada e, em seguida, formados os rolos, os quais foram colocados em câmaras tipo BOD a 30°C . A cada três dias eram feitas observações para determinar o início e as porcentagens de sementes germinadas.

2.4.1. Análise estatística I

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 10 frutos e quatro de 20 sementes. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão, avaliando-se o efeito linear, quadrático e cúbico, selecionando os modelos que apresentaram contribuição significativa com R^2 maior que 60%. As análises de comprimento, largura, espessura e massa da matéria seca do fruto foram ajustadas à equação logística ($Y = a / 1 + b.e^{(-k \cdot x)}$) (RICHARDS, 1969).

As demais determinações, relacionadas à continuação do trabalho, foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos do Centro de Formação de Tecnólogos da Universidade Federal da Paraíba-CFT/UFPB, Campus III, Bananeiras-PB.

- a) Avaliação objetiva da cor de frutos e sementes: determinada em três pontos de cada fruto, utilizando colorímetro manual Minolta CR-300/Minolta, que forneceram os valores de:
- luminosidade (L^*), que varia do branco (100) ao preto (0);
 - a^* definido como a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$)
 - b^* representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

- b) Sólidos solúveis totais (SST, °Brix): realizada através de leitura direta em refratômetro manual (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);
- c) Acidez total titulável (ATT, % de ácido tartárico): determinado por titulometria com solução de hidróxido de sódio 0,1N (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);
- d) Vitamina C (mg/100g): determinada por titulometria com 2,6 diclorofenolindofenol a 0,1% padronizada com ácido ascórbico segundo A.O.A.C (1984), modificada por Benassi e Antunes (1998);
- e) pH: medido em potenciômetro, com eletrodo de membrana de vidro calibrado com soluções de pH 4,0 e 7,0 (A.O.A.C., 1984);
- f) Açúcares redutores, não redutores (%): determinado de acordo com a metodologia de Lane-Eynon (CARVALHO e JONG, 2002);
- g) Açúcares solúveis totais (%): determinado pela soma dos açúcares redutores e não redutores;
- h) Teor de amido dos frutos e sementes (%): determinados de acordo com os métodos descritos nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985);
- i) Teor de proteína das sementes (%): obtido através da determinação de nitrogênio total (A.O.A. C.,1984).

2.4.2. Análise estatística II

Os dados foram analisados segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições por análise química; exceto na análise objetiva da cor em que se utilizaram quatro repetições de 10 frutos e 10 sementes. Procedeu-se também análise de variância e regressão, avaliando-se o efeito linear, quadrático e cúbico, selecionando os modelos que apresentaram contribuição significativa com R^2 maior que 60%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Desenvolvimento dos frutos de tamarindo

Os resumos das análises de variância encontram-se nos quadros A.1 a A.7 (Apêndice A).

3.1.1. Comprimento, largura, espessura e massa da matéria seca dos frutos

O início da floração dos tamarindeiros ocorreu no mês de janeiro com plena floração em fevereiro. O tamarindo, na região estudada, levou aproximadamente 280 dias, após a antese, para completar o ciclo, desde a floração até a colheita, período representado pelo crescimento, maturação e amadurecimento dos frutos. Depois do completo amadurecimento, deu-se o desprendimento natural da planta-mãe, momento utilizado para a realização da colheita dos frutos caídos ao solo e posterior consumo *in natura* e/ou industrialização.

A formação do fruto do tamarindo ocorreu, em média cinco dias após a antese (Figura 3), com início de formação da polpa aos 70 dias (Figura 4) e das sementes aos 130 dias. No entanto, dada à composição do fruto, a separação dos seus componentes (casca, polpa e semente) somente foi possível aos 190 dias após a antese (Figura 5).



Figura 3. Formação do fruto de tamarindo durante o seu desenvolvimento (cinco dias após a antese).

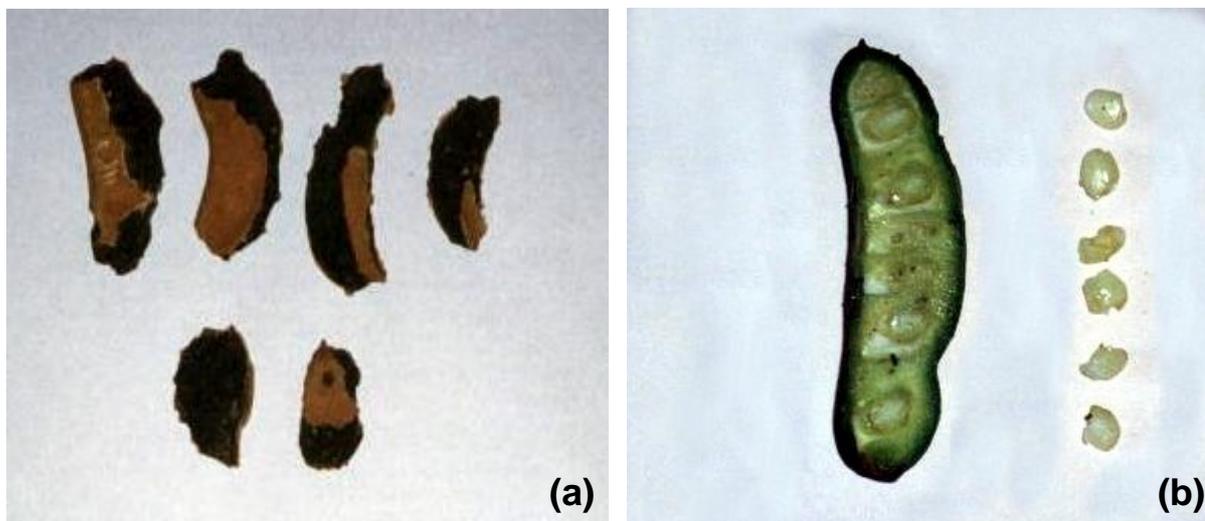


Figura 4. Formação da polpa de tamarindo, 70 dias após a antese **(a)** e semente, 130 dias após a antese **(b)**, durante o seu desenvolvimento.



Figura 5. Separação dos componentes (casca, polpa e semente) dos frutos de tamarindo durante o seu desenvolvimento (190 dias após a antese).

O padrão de crescimento dos frutos de tamarindo segue o modelo sigmoidal simples (Figura 6), como também descreveu Hernández-Unzon e Lakshminarayana (1982a) em estudo com tamarindo, realizado no México. Kays (1997) trata do assunto afirmando que os índices empregados na caracterização do desenvolvimento de frutos (medidas de comprimento e composição química) podem variar consideravelmente, dependendo do local de cultivo, cultivares e condições climáticas do ano de crescimento.

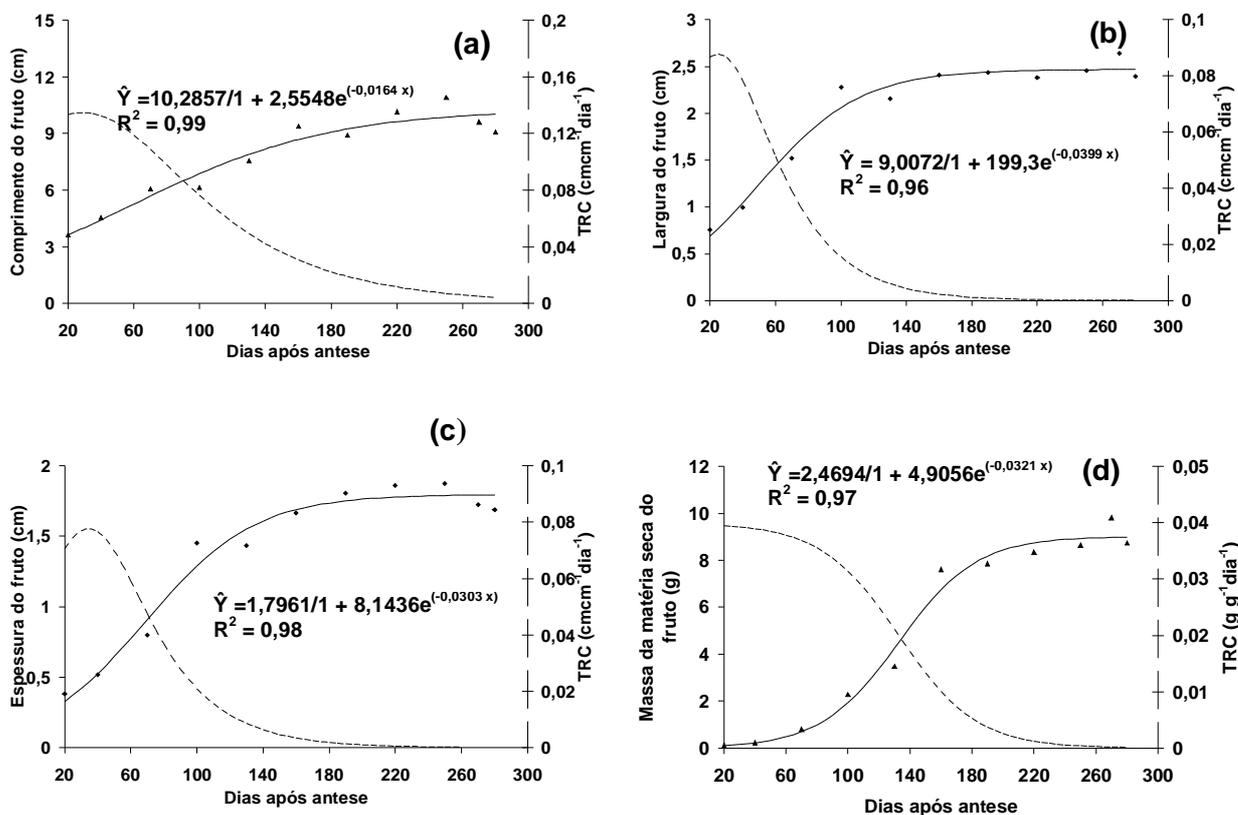


Figura 6. Comprimento (a), largura (b), espessura (c) e massa da matéria seca (d) de frutos de tamarindo durante o seu desenvolvimento.

Para o crescimento dos frutos, duas fases foram caracterizadas. A primeira estende-se até aproximadamente 120 dias após a antese, na qual o tamarindo chega a 74% (7,6 cm) do seu comprimento máximo teórico. A largura e espessura (Figura 6 b e c) apresentaram comportamento similar, no entanto, com um desenvolvimento mais acentuado no primeiro período, em que têm-se 90% (2,2 cm) e 82% (1,5 cm), respectivamente do desenvolvimento do fruto, representado por essas medidas. Em geral, a divisão celular está restrita à primeira e segunda fase do desenvolvimento, podendo ser, para alguns frutos, de curta duração (AWAD, 1993), ou prolongar-se por várias semanas, como em carambola (MARTINS et al., 2003). A expansão celular, por outro lado, pode continuar até o amadurecimento (CHITARRA, 1994).

A segunda fase estende-se dos 120 aos 280 dias após a antese, e foi caracterizada por uma desaceleração na taxa de crescimento, onde os frutos apresentaram taxas mais baixas de aumento de comprimento, largura e espessura e início de grande acúmulo de matéria seca (Figura 6 d). Nesta fase, o comprimento, a

largura e a espessura atingiram 97, 99 e 99% de seus valores máximos teóricos respectivamente.

A massa da matéria seca do fruto (Figura 6 d), apresentou três fases bem caracterizadas. A fase I, de crescimento lento até 80 dias após a antese, acumulando apenas 11%, da massa seca teórica. A fase II, de crescimento mais acentuado, entre 80 a 180 dias, a massa seca passou de 11% a 87% do total. A fase III, de crescimento lento, de 180 dias até o final das avaliações, houve acúmulo de 13% do total da massa da matéria seca teórica. O aumento da massa da matéria seca pode ser explicado, pela formação de proteínas, açúcares e outras substâncias acumuladas durante o desenvolvimento do fruto (DIAS, 2001). Hernández-Unzon e Lakshminarayana (1982a), também observaram aumento da massa da matéria seca e dimensões do tamarindo durante o seu desenvolvimento. Igual comportamento, Martins et al. (2003) registraram com o fruto de ciriguela.

A última fase do desenvolvimento foi caracterizada pela maturação fisiológica do fruto aos 270 dias, momento em que o tamarindo apresentava suas estruturas (casca, polpa e semente) totalmente formadas e também, os maiores valores de comprimento (10,3 cm), largura (2,5 cm) espessura (1,8 cm) e matéria seca (9,0 g). O amadurecimento pleno, dando início aos sinais de enfraquecimento da camada de abscisão do pecíolo como preparação para a liberação do fruto da planta mãe ocorreu entre 270 e 280 dias após a antese. Nessa fase, os frutos já haviam completado o desenvolvimento e atingido a máxima qualidade comestível, caracterizada por profundas mudanças na textura e nos pigmentos, refletida pela transição da cor verde para o marrom, característica do tamarindo.

Observa-se, para todas as medidas consideradas no desenvolvimento do tamarindo, taxa relativa de crescimento maiores no início do desenvolvimento, decrescendo posteriormente até o final das avaliações, quando o fruto não apresentava mais crescimento e essas taxas assumiram valores próximos de zero.

3.1.2. Análise objetiva da cor

O amadurecimento dos frutos de tamarindo, mediante os dados obtidos no colorímetro, da antese à colheita, indicado pelo brilho emanado da casca (L^*), da transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$) e do azul ($-b^*$) para o amarelo ($+b^*$) pode ser observado na Figura 7.

Em análise a essa figura, verifica-se acréscimo nos valores de L^* , caracterizando um aumento no brilho, à medida que os frutos avançavam para o amadurecimento, marcado por modificações na textura e nos pigmentos. A cor da casca das vagens de tamarindo não muda rapidamente com o amadurecimento, passando lentamente da cor esverdeada para o castanho amarelado. Esta afirmação encontra concordância com as observações feitas por (PEREIRA et al., 2004).

Os valores de a^* e b^* apresentaram comportamentos semelhantes, em que o aumento nos seus valores indicam o processo gradual de mudança da cor verde para o castanho amarelado, característica do fruto do tamarindo. A perda da cor verde durante o desenvolvimento do tamarindo está relacionado com a decomposição estrutural da clorofila que, segundo Chitarra e Chitarra (2005), ocorre devido à atuação dos sistemas enzimáticos que atuam isoladamente ou em conjunto.

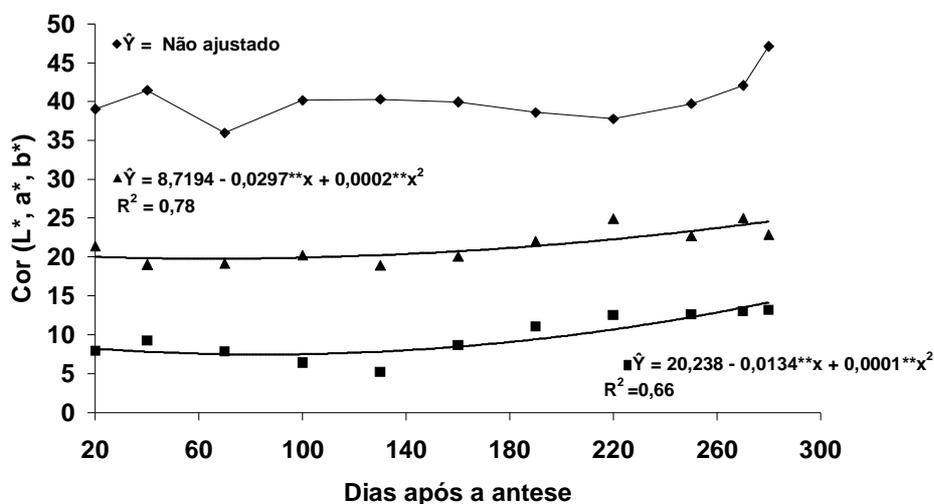


Figura 7. Análise objetiva da cor do fruto de tamarindo L^* (◆), a^* (◊) e b^* (▲) durante o seu desenvolvimento.

3.1.3. Teor de água dos frutos

Verificou-se decréscimo do teor de água dos frutos de tamarindo ao longo do desenvolvimento acentuando-se aos 270 dias, com dados ajustados a modelo quadrático (Figura 8).

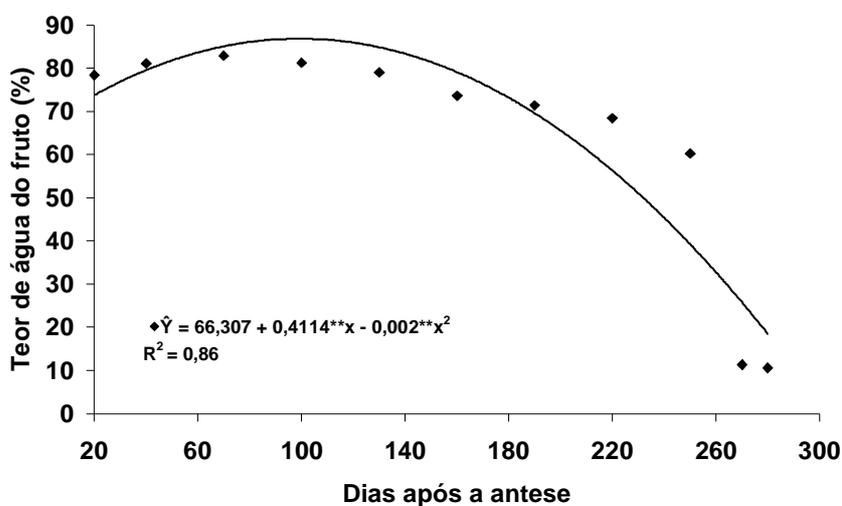


Figura 8. Teor de água dos frutos de tamarindo (♦) durante o seu desenvolvimento.

Aos 20 dias, os frutos apresentavam 73,8% de água, atingindo o máximo de 86,8% aos 100 dias após a antese, correspondendo a um acréscimo de 15% em relação ao valor inicial. Desse ponto em diante, a redução foi mais acentuada chegando a 17,7% aos 280 dias, o que correspondeu a uma perda de 79,6% no teor de água.

O período de maior precipitação (Tabela 1) pode ter contribuído para o aumento no teor de água até os 100 dias após a antese. Posteriormente, a redução da precipitação, maiores temperaturas e insolações contribuíram para a redução no teor de água dos frutos que foi acentuada aos 270 dias. No mesmo período, houve grande aumento da massa da matéria seca dos frutos (Figura 6 d) que pode ser explicado pela formação de açúcares (Figura 9) e, início do amadurecimento que continuou até os 280 dias quando o fruto já se encontrava maduro.

O valor encontrado para o teor de água aos 280 dias, nos frutos maduros (17,7%), está dentro da faixa (15 a 47%) relatada por Pereira et al. (2004) e abaixo dos 20% reportado em Tamarindeiro (2004), para tamarindo. Esta variação no teor de água pode estar relacionada com a temperatura, umidade relativa do ar e insolação da região produtora.

aos 270 dias, chegando a 61 °Brix aos 280 dias, momento em que o fruto se encontrava maduro, com menores valores nos teores de água e naturalmente se desprende da planta mãe (Figura 8). Houve um aumento de 272% nos valores dos SST da polpa do início ao final das avaliações, que foi acompanhado pelo declínio no teor de água no fruto, contribuindo assim, para uma maior concentração dos SST. Este resultado vem consolidar a afirmação feita por Pereira et al. (2004), ao confirmarem que, em consequência do baixo teor de água do fruto, o tamarindo possui elevado teor de carboidratos e elementos minerais em relação a outros frutos.

Essas modificações ocorridas nos SST tem-se, pela degradação dos polissacarídeos de reserva, como o amido, em componentes orgânicos mais simples (KAYS, 1997; VILAS BOAS, 1999). Aumento nos SST durante o desenvolvimento de frutos tem sido observado em tamarindo (HERNÁNDEZ-UNZON e LAKSHMINARAYANA, 1982b; SILVA et al.,2000); sapoti (ARAÚJO NETO et al., 2001); umbu-cajazeira (LIMA et al., 2002); pêra (LOMBARDI et al., 2000); ciriguela (MARTINS, 2000); mamão (MEDEIROS et al., 2003) e pitanga (SANTOS, 2001). Considerando o fruto seco no final das avaliações (Figura 8), quando se encontrava maduro, os valores encontrados para os SST (61 °Brix) estão abaixo (77 °Brix) do reportado por Silva et al. (2000), porém bem próximo (63 °Brix) dos obtidos por Alves et al.(1993), e dentro da faixa de 54 a 69,8 °Brix, dos observados por Salunke e Desai (1984) para tamarindo.

Essas diferenças encontradas, provavelmente, se devam a fatores ambientais e diferenças genéticas entre plantas. Vários fatores ambientais são capazes de influenciar nos SST, incluindo reguladores de crescimento (SINGH et al.,1996), fertilizantes (SIMONNE et al.,1992), temperatura e intensidade luminosa (LEE et al.,1996), área foliar e estágio de maturação (WELLES e BUITELAAR, 1998).

Diferenças varietais quanto aos SST foram reportadas por Silva et al. (2002), em culturas de clima temperado, Araújo Neto et al. (2001), para sapoti e Gomes et al. (2000), para acerola.

3.1.5. Açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR)

A presença dos AST, AR e ANR, só foi detectada a partir de 190 dias após a antese, momento em que houve a separação da casca da polpa. Os valores dos AR (Figura 10 a), ANR (Figura 10 b) e AST (Figura 10 c), ajustaram-se a modelos quadráticos e os ANR da casca a modelo linear. Os modelos quadráticos AR, ANR e AST apresentaram curvas semelhantes para a casca e polpa com valores dos AR sempre superiores aos ANR, durante o desenvolvimento do fruto de tamarindo. (Figuras 10 b e c).

Observa-se ainda na Figura 10, aumento nos valores dos açúcares da casca. Os valores do AR, ANR e AST da casca passaram de 0,5%, 0,14% e 0,64% aos 190 dias, para 2,40%, 0,16% e 2,56% aos 280 dias, correspondendo percentualmente a aumento de 370%, 14,3% e 300%, respectivamente.

Estudando o tema, Hernández-Unzon e Lakshminarayana (1982b), também detectaram comportamento semelhante para os valores dos açúcares da casca e polpa de tamarindo, com aumento nos valores dos AST, AR e ANR durante o desenvolvimento do fruto. Os AR da casca foram superiores aos ANR que praticamente permaneceu constante durante as avaliações e com valores próximos aos encontrados nesse trabalho.

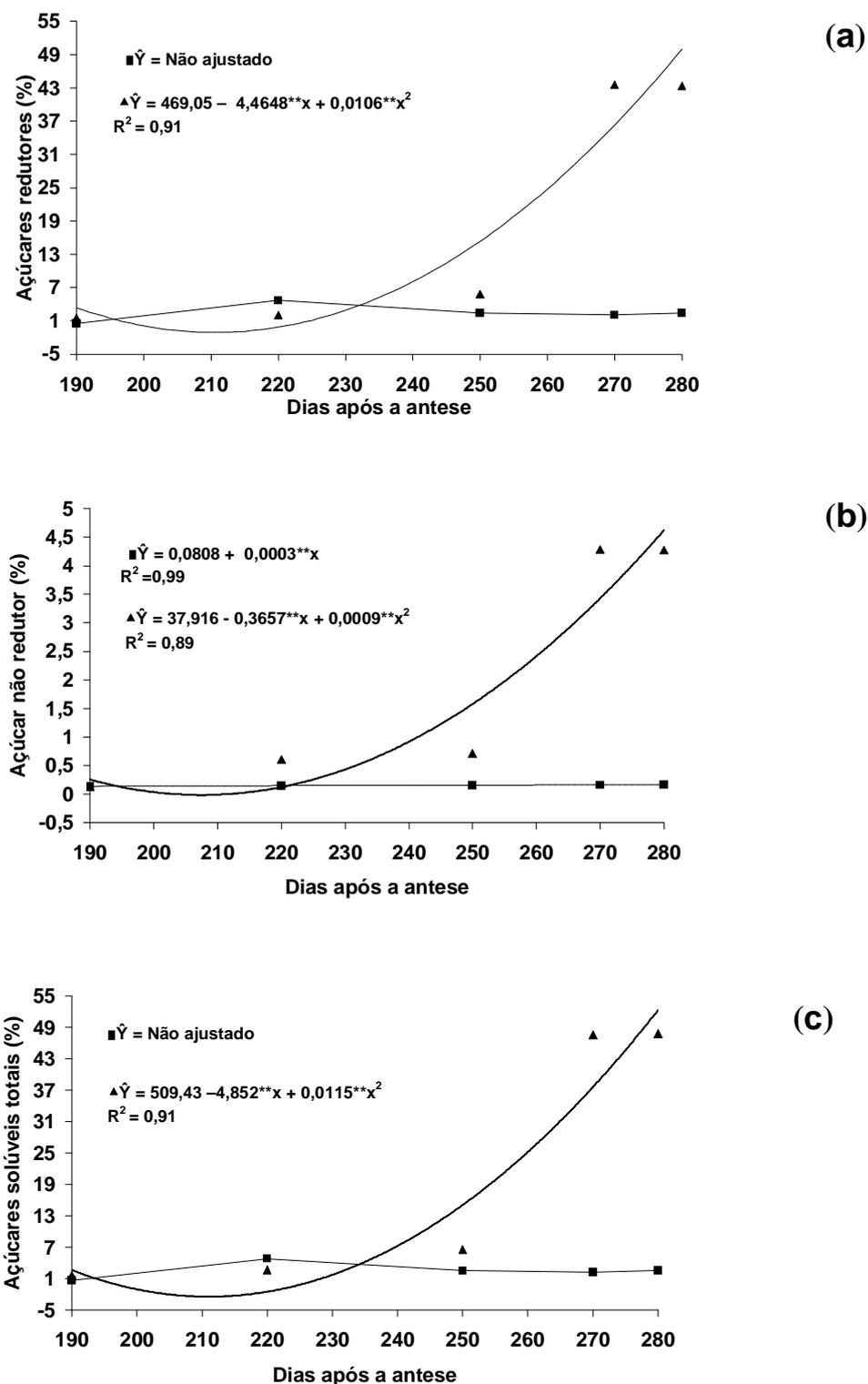


Figura 10. Açúcares redutores (AR) (a), açúcares não redutores (ANR) (b) e açúcares solúveis totais (AST) (c) da casca (\blacktriangle) e polpa (\blacksquare) de tamarindo durante o seu desenvolvimento

Aos 250 dias o tamarindo apresentava 15,35%, 1,7 % e 15,2% de AR, ANR e AST da polpa, passando para 49%, 4,5%, e 54% no final das avaliações, correspondendo a aumento de 219%, 165% e 255%, respectivamente. Os ANR da polpa representam apenas 8,3 % dos AST, enquanto os AR representam 90,7% dos açúcares totais para o fruto seco, confirmando os resultados de Silva et al. (2000), ao determinarem que os açúcares redutores corresponderam a 90,7% dos açúcares totais para tamarindo produzido na região de Mossoró-RN.

Os teores de AST, AR e ANR da polpa aumentaram a partir de 250 após a antese com o AR superior ao ANR, indicando que a glicose é um dos açúcares mais presentes no tamarindo como reportado por Pereira et al (2004) e Tamarindeiro (2004). Aos 270 dias, o aumento foi acentuado nos AST, AR e ANR da polpa e, provavelmente, tenha coincidido com o momento do pique respiratório do fruto, podendo ser tomado para representar o ponto de maturação do tamarindo nesse trabalho que, levando-se em consideração os demais fatores, este se encontra entre 270 e 280 dias, sendo que após os 280 dias da antese, praticamente todos os frutos se desprenderam da planta mãe. Comportamento semelhante, porém com valores inferiores aos obtidos nesse trabalho, foi observado por Hernández-Unzon e Lakshminarayana (1982b).

A produção de açúcares redutores em percentual superiores aos açúcares não redutores deve-se, provavelmente, à inversão dos açúcares não redutores em açúcares redutores, principalmente glicose e frutose, atribuição que também foi relatadas por Araújo Neto et al. (2001).

Os teores de AR e ANR mais baixos no início do desenvolvimento, aumentando em seguida, evidenciam que a conversão de amido em açúcares e a inversão da sacarose foram ativadas durante o amadurecimento. Afirmativa que coincide com as observações de Kays (1997). O aumento dos percentuais dos açúcares parece não se dever exclusivamente à conversão do amido, conforme se observa pela semelhança das curvas, que indicam aumentos acentuados nos mesmos períodos para o amido (Figura 14) e açúcares. Esse momento coincide com os menores valores no teor de água do fruto, o que pode indicar a alta concentração desses sólidos, já que segundo Pereira et al. (2004), o tamarindo possui o mais baixo conteúdo de umidade e, provavelmente, como consequência disso, os mais altos níveis de proteínas, carboidratos e minerais entre os frutos.

Os valores encontrados para AST (54%), AR (49%) e ANR (4,5%) da polpa, quando o fruto já se encontrava maduro, foram superiores aos de Silva et al.(2000), 43%, 39,1% e 3,9% respectivamente para tamarindo no estágio seco e também (21,4% a 30,9%) para AST reportado por Hasan e Ijaz (1972), mas, dentro da faixa (41,2% a 90,7%) para AST da polpa, recomendada por Pereira et al. (2004), bem próximos dos AR polpa (45%) determinado por Shankaracharya (1998), porém diferentes dos encontrados (17,6%) por Coelho et al. (1987), que obtiveram valores próximos para açúcar redutor (8,87%) e açúcar não redutor (8,42%) para polpa de tamarindo.

Estudos realizados em frutos de tamarindo na Tailândia por Feungchan et al. (1996) encontraram variação nos teores de açúcares solúveis totais entre as cultivares Kru-in (39,06%) e Jaehom (47,71%).

Para outras frutíferas, foram também observadas mudanças nos percentuais desses açúcares no decorrer do desenvolvimento dos frutos, como os referenciados por Martins (2000) em ciriguela, Araújo Neto et al. (2001) para sapoti, Santos et al. (1999) para acerola e Teixeira et al. (2001), em frutos de bacuri.

3.1.6. Acidez total titulável (ATT) e pH

Os valores da acidez total titulável (ATT) e pH ajustaram-se a modelos quadráticos (Figuras 11a e b). A ATT aumentou com o avanço da maturação para o fruto inteiro e polpa, acompanhado pela redução nos valores de pH, enquanto que a casca, apresentou redução nos valores da ATT, seguido por aumento nos valores de pH. Comportamento semelhante foi observado por Hernández-Unzon e Lakshminarayana (1982b), em tamarindo no México, porém, com valores superiores de ATT e pH. Isso se deve, provavelmente, às diferenças climáticas e edáficas entre o México e o Brasil onde os trabalhos foram realizados.

Para o fruto inteiro, os valores passaram de 1,2% de ácido tartárico na polpa aos 20 dias para 5,0% de ácido tartárico aos 160 dias, correspondendo a 317% de aumento. No mesmo período, a redução nos valores de pH foi de 26,7%, passando de 3 para 2,2.

A acidez total titulável da polpa passou de 6,02% de ácido tartárico aos 190 dias para 17,2% aos 280 dias com acréscimo de 186% do valor inicial. No mesmo período, o decréscimo no pH foi de 16 %. Provavelmente, esse aumento da acidez aos 270 dias, prosseguindo até os 280 dias, possa ser atribuído à elevada

desidratação ocorrida pelos frutos no mesmo período (Figura 8), ocasionando maior concentração de ácido tartárico no suco celular (LOMBARDI et al., 2000).

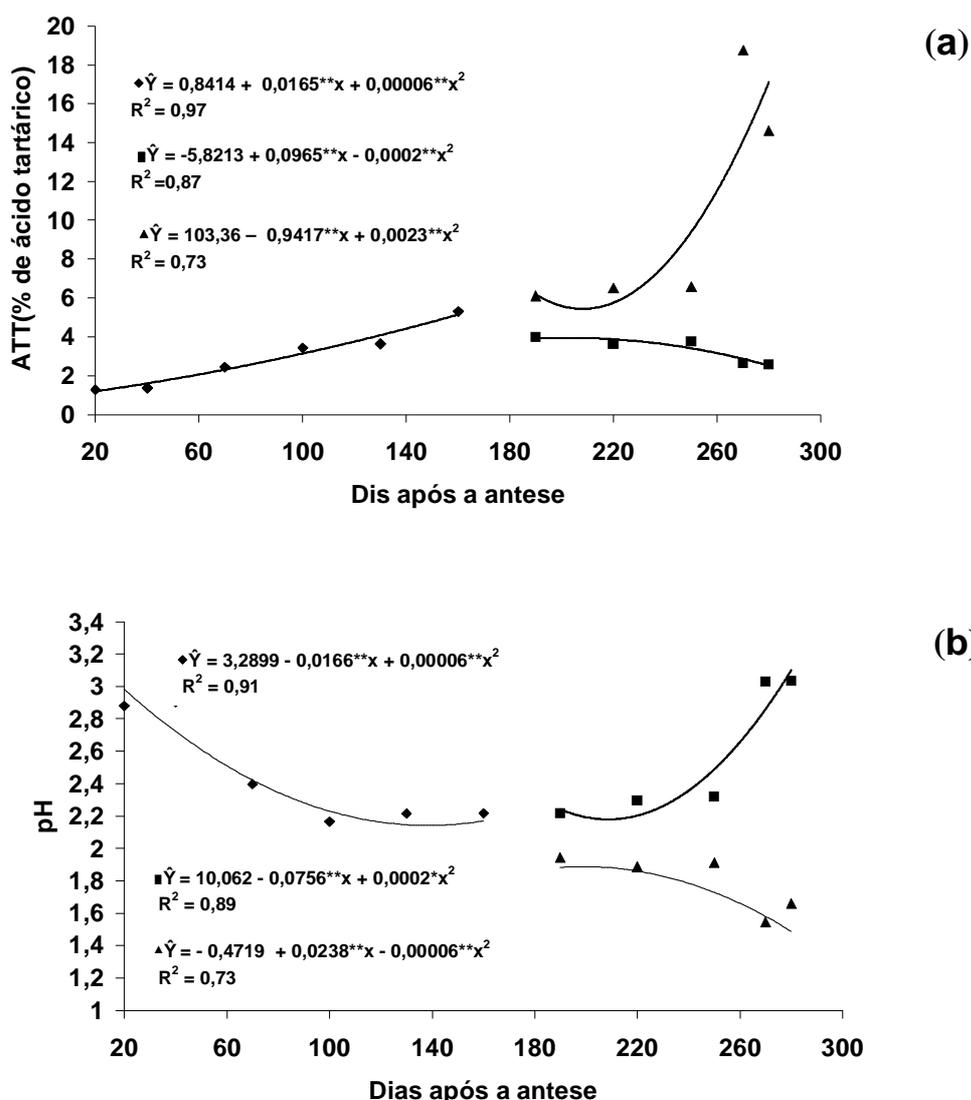


Figura 11. Acidez total titulável (% ácido tartárico) (a) e pH (b) do fruto inteiro (◆), casca (<) e polpa (▲) de tamarindo durante o seu desenvolvimento.

Para a casca, a acidez total titulável passou de 3,9% de ácido tartárico aos 190 dias, para 2,5% de ácido tartárico, aos 280 dias, com redução de 35,9%. O aumento do pH foi de 41% no mesmo período.

Essas variações ocorridas nos valores do pH, com exceção da casca, possivelmente, deve-se ao efeito tampão existente na polpa de frutos resultante de sais de potássio e ácidos orgânicos dissolvidos na célula (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O teor de ácidos orgânicos geralmente diminui durante o processo de maturação, devido à oxidação dos ácidos no ciclo dos tricarbóxicos em decorrência da respiração. Entretanto, a acidez do tamarindo não diminui apesar da maturação e com valores bem superiores aos do início do desenvolvimento, confirmando as observações de Tamarindeiro (2004). De acordo com Shankaracharya (1998), o tamarindo é o mais azedo de todos os frutos e contém um ácido incomum que é o ácido tartárico, cuja origem metabólica ainda é desconhecida.

Essa elevação nos valores da acidez total titulável do tamarindo durante a maturação, contraria as observações de Silva et al. (2000), que detectou redução na acidez total titulável entre frutos verdes e secos de tamarindo de 18,8 para 8,3 g ácido tartárico/100g. Porém, os valores encontrados para a ATT de 17,7% de ácido tartárico no final das avaliações está próximo (18%) do reportado por Shankaracharya (1998), dentro da faixa (12,2 a 23,8 % de ácido tartárico) citado por Maia e Albuquerque (2000) e do intervalo (12,0 a 30,5 % de ácido tartárico) relatado por Pereira et al. (2004).

3.1.7. Relação sólidos solúveis totais/ acidez total titulável (SST/ATT)

Os valores da relação SST/ATT ajustaram-se a modelos quadráticos (Figura 12). A relação SST/ATT aumentou com o avanço da maturação, passando de 2,2 aos 190 dias para 3,9 aos 280 dias, com acréscimos no período de 43,6%.

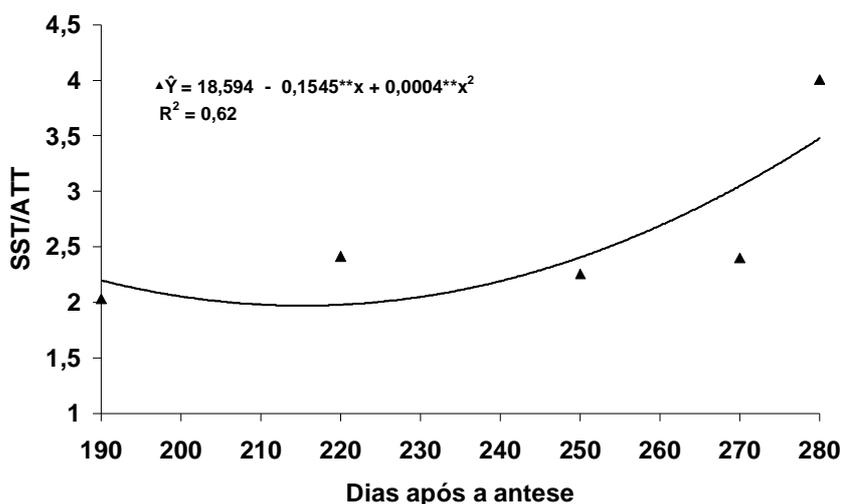


Figura 12. Relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável (SST/ATT) da polpa de tamarindo durante o seu desenvolvimento.

A relação SST/ATT pode ser usada como índice de qualidade e sabor do fruto, dando uma idéia do equilíbrio entre os açúcares e acidez (CHITARRA e CHITARRA, 2005; KAYS, 1997). Isso significa que os frutos tornam-se mais agradáveis ao paladar. Para o tamarindo, este índice está próximo de 5,4 citado por Tamarindeiro (2004), apesar de ainda não ser utilizado como padrão de qualidade para o tamarindo. Talvez a elevação conjunta dos SST e ATT ao longo do desenvolvimento prejudique o equilíbrio da relação SST/ATT, como também observado por Carmo (2004), o qual verificou que a medida em que o pimentão avança no período de maturação, os teores de acidez titulável e sólidos solúveis aumentaram não permitindo uma relação indicadora de sabor por meio desses parâmetros (SST/ATT).

Em resumo, tem-se que todos os fatores sejam eles, ambientais ou fisiológicos, que interferem no metabolismo dos açúcares e ácidos, estão interferindo na relação SST/ATT e, conseqüentemente, no sabor do fruto.

3.1.8. Vitamina C

Na Figura 13, observam-se os valores para os teores de vitamina C durante o desenvolvimento do fruto de tamarindo, ajustando-se a modelos quadráticos. Para o fruto inteiro, houve aumento no teor de vitamina C com valores máximos aos 160 dias, momento em que foi possível separar a casca da polpa. A partir daí, o teor de vitamina C da polpa continuou a aumentar até 240 dias, reduzindo-se posteriormente, enquanto o teor de vitamina C da casca diminuiu continuamente.

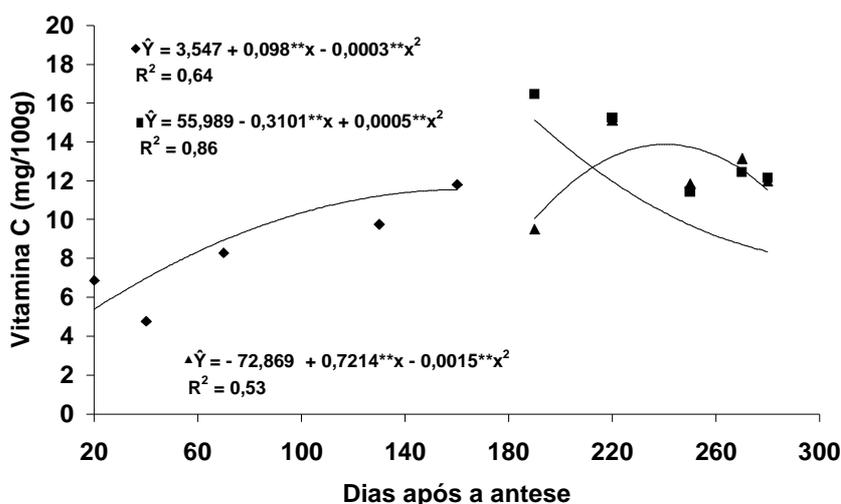


Figura 13. Vitamina C do fruto inteiro (◆), casca (<) e polpa (▲) de tamarindo durante o seu desenvolvimento.

De acordo com Vazquez-Ochoa e Colinas–Leon (1990), o conteúdo de ácido ascórbico aumenta no fruto durante os estádios iniciais de desenvolvimento até a maturação total e, quando excessivamente maduro, o conteúdo diminui significativamente.

O fruto inteiro passa de 5,4 mg/100g aos 20 dias para 11,6 mg/100g aos 160 dias, correspondendo a um aumento de 113%, tendo posteriormente, uma tendência à redução desses teores.

Quando da separação da casca da polpa, observa-se que os teores de vitamina C da casca foram superiores ao da polpa. Comportamento semelhante foi observado por Hernández-Unzon e Lakshminarayana (1982b). Aos 190 dias, o teor de vitamina C da casca era de 16,8 mg/100g, decrescendo para 13,3 mg/100g aos 280 dias, correspondendo a uma redução de 20,8% do valor inicial, enquanto o teor de vitamina C, na polpa, passava de 10 mg/100g aos 190 dias para 13,9 mg/100g aos 240 dias, decrescendo para 11,6 mg/100g aos 280 dias.

Esse declínio nos teores de vitamina C pode ser devido à atuação da enzima ácido ascórbico oxidase, que apresenta maior atividade nos frutos maduros que nos verdes, explicando perdas no final do amadurecimento e início da senescência do fruto (AZZOLINI et al., 2004).

Decréscimos nos teores de vitamina C, como o avanço da maturação, foram observados por Azzolini et al. (2004), em goiaba; Eversen (1983) em melancias;

Lima et al. (2002) em umbu-cajazeira; Martins (2000) em ciriguela; Santos et al. (1999) em acerola e Santos (2001) em pitangas.

O teor de vitamina C no final do amadurecimento de 11,6 mg/100g está dentro da faixa (2,9 a 41,5 mg/100g) citada por Pereira et al. (2004), e (2 a 20 mg/100g) reportado por Lefevre (1971) para polpa de tamarindo, porém, abaixo do referenciado por Hernández-Unzon e Lakshminarayana (1982b), e acima da faixa (0,7 a 3 mg/100g) observado por Morton (1987).

As variações nos teores de vitamina C podem estar relacionadas às variações botânicas, ambientes de produção e estádios de maturação do fruto no período da colheita. Segundo Alves et al. (1993), as características químicas do tamarindo são bastante variáveis e dependem, principalmente, do local e do tempo decorrido para a colheita.

3.1.9. Amido

Os valores encontrados para o teor de amido do fruto inteiro, casca e polpa ajustaram-se a modelos quadráticos e aumentaram ao longo do desenvolvimento do tamarindo (Figura 14).

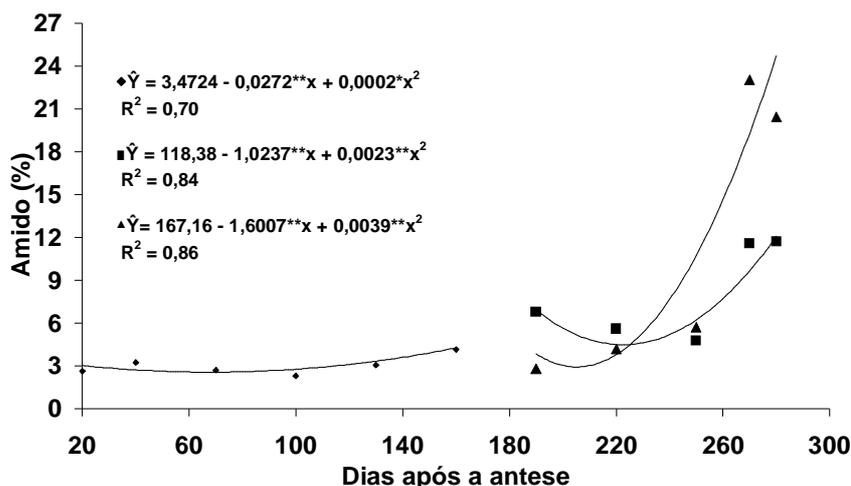


Figura 14. Amido do fruto inteiro (◆), casca (<) e polpa (▲) de tamarindo durante o seu desenvolvimento.

Os teores de amido para o fruto inteiro aumentaram de 3% aos 20 dias para 3,9% aos 160 dias, correspondendo a um aumento de 30% em relação ao valor inicial.

O acréscimo no teor de amido da casca e polpa foi de 75,7% e 667%, passando de 4,0% e 3,0% aos 190 dias, para 12,3% e 23% aos 280 dias respectivamente. Observa-se que aos 190 e 220 dias, o teor de amido da casca foi superior aos da polpa, resultado que pode ser atribuído aos resquícios da polpa na casca de tamarindo no momento da separação da mesma, já que a partir de 250 dias, o teor de amido da polpa foi quase o dobro do apresentado pela casca.

O aumento acentuado no teor de amido da polpa ocorreu aos 270 dias após a antese, momento em que o tamarindo atingiu a maturação e apresentava o menor valor no teor de água o que contribuiu para a concentração do amido, valor que continuou a subir até o amadurecimento do fruto aos 280 dias.

3.2. Desenvolvimento das sementes de tamarindo

Os resumos das análises de variância dos parâmetros avaliados durante o desenvolvimento das sementes de tamarindo encontram-se nos Quadros A.8 e A.9 (Apêndice A).

3.2.1. Comprimento, largura, espessura, teor de água, massa seca e germinação das sementes

No tocante à evolução das dimensões das sementes dessa frutífera (Figura 15 a, b, c), entre 160 e 280 dias após a antese, à medida que as sementes se desenvolvem ocorre um aumento nas suas dimensões, tanto em comprimento (Figura 15 a) como em largura (Figura 15 b) e espessura (Figura 15 c), até atingir o máximo que para as dimensões ocorreram na ordem de 231; 202 e 218 dias após a antese, quando as sementes de tamarindo mediam em torno de 2,0; 1,1 e 0,98 cm, de comprimento, largura e espessura respectivamente.

O padrão de crescimento das sementes foi semelhante ao descrito por Alves et al. (2005) em sementes de sabiá, onde estas aumentaram de tamanho rapidamente, atingindo o máximo aos 154 dias após a antese, período relativamente curto em relação à duração total do período de maturação.

As sementes de tamarindo apresentaram aos 160 dias, após a antese, um teor de água de 66% (Figura 15 d), alcançando o máximo (68%) aos 176 dias,

decrecendo posteriormente e, lentamente, até 190 dias após a antese, com queda acentuada até o final do período de avaliação. Entre 250 e 270 dias, o teor de água reduziu de 37% para 20%, alcançando 11% aos 280 dias após a antese. O período de menor teor de água coincidiu com o máximo acúmulo de massa seca.

O alto teor de água inicial (66%) verificado nas sementes e seu posterior decréscimo está relacionado com a importância da água nos processos de enchimento e maturação das sementes. Segundo Corvello et al. (1999), para que os produtos fotossintetizados nas folhas sejam depositados na semente em formação, sendo utilizado como material de construção e, posteriormente, como de reserva é necessário que esta mantenha elevado grau de umidade, o que ocorre até a massa seca atingir seu valor máximo, quando então inicia-se uma rápida desidratação.

Em sementes de *Dalbergia nigra*, Martins e Silva (1997), observaram que a redução no teor de água ocorreu de forma lenta e gradual até os 319 dias, quando então sofreu uma queda pronunciada, passando de 68,02% para 25,30% aos 335 dias, época em que as sementes atingiram a maturidade fisiológica. Para sementes de sabiá, Alves et al. (2005), determinaram teor de água de 82,1% aos 119 dias após a antese, com redução lenta até 147 dias e, a partir desta data, houve uma queda acentuada nesses valores.

Essa variação no teor de água também foi observada em mucuna-preta (NAKAGAWA e ZUCARELI, 2005); cedro (CORVELLO et al., 1999); tarumã-de-espino (LEONHARDT et al., 2001) e orelha de negro (BORGES et al., 1980).

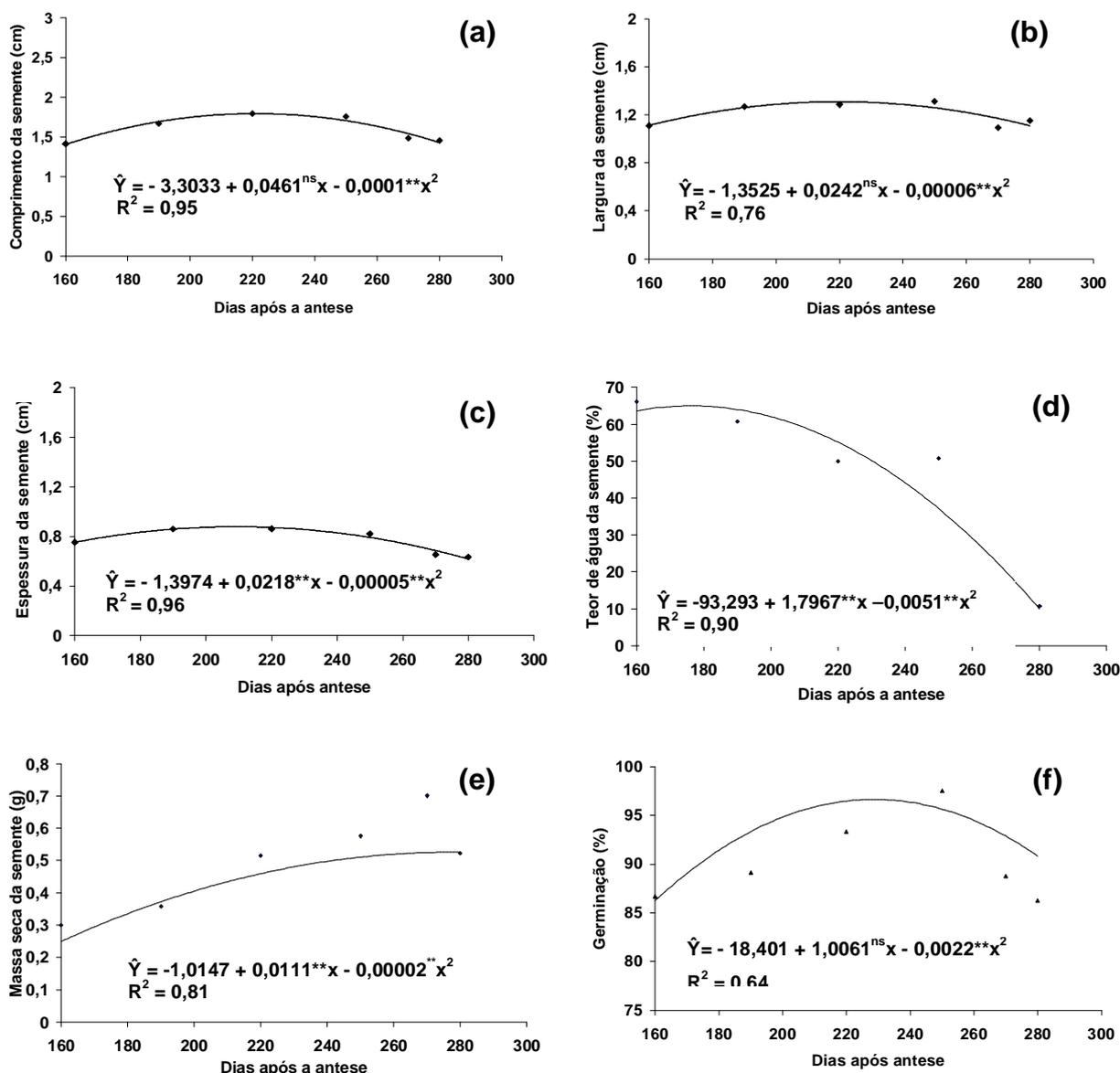


Figura 15. Comprimento (a), largura (b), espessura (c), teor de água (d), massa seca (e) e germinação (f) de sementes de tamarindo durante o seu desenvolvimento.

Com relação à massa seca das sementes (Figura 15 e), estas apresentaram 0,23 g no início do período estudado, aumentando continuamente com o grau de maturidade das sementes, atingindo valor máximo (0,53 g) aos 277 dias após a antese, diminuindo a partir deste período. Esse comportamento foi semelhante ao descrito por Carvalho e Nakagawa (2000), que o acúmulo de massa seca em uma semente aumenta com o avanço da maturação, podendo no final sofrer um pequeno decréscimo, como resultado de perdas pela respiração. Segundo os mesmos

autores, a colheita deve ser realizada no ponto de máxima matéria seca, uma vez que após este estágio de desenvolvimento, o fruto ficará na dependência das adversidades climáticas, podendo ganhar ou perder água, ou mesmo desencadear o processo de deterioração, principalmente, em frutos secos. Geralmente as sementes alcançam a máxima qualidade fisiológica no ponto de máxima massa seca (DIAS, 2001). Barbosa et al. (1993), verificaram que as sementes de pêsego de ciclo mediano, tardio e bem tardios, aumentam progressivamente o peso da matéria seca até a época de maturação dos frutos.

Aos 160 dias após a antese, as sementes de tamarindo (Figura 15 f), já apresentavam elevada viabilidade (86,2%), atingindo o máximo (90,8%) aos 250 dias após a antese; registrando-se no final do período 90,3% de germinação. De acordo com estes resultados, percebe-se nitidamente que as sementes de tamarindo apresentaram alta viabilidade em todo o período de avaliação. Reis e Salomão (1999), verificaram que o estágio de maturação dos frutos de genipapo não compromete o poder germinativo das sementes, sendo possível o aproveitamento das mesmas provenientes de frutos imaturos.

Analisando as variáveis de forma conjunta (Figura 15), tais dados indicam que a colheita das sementes de tamarindo pode ser realizada 270 e 280 dias após a antese, para a região em estudo, quando estas apresentam o maior acúmulo de massa seca e germinação superior a 90%, momento em que, conforme já abordado anteriormente, inicia-se um decréscimo acentuado no teor de água e dimensões da semente.

3.2.2. Avaliação objetiva da cor das sementes de tamarindo

Na Figura 16, estão apresentados os valores de L^* , a^* e b^* das sementes de tamarindo, durante o seu desenvolvimento, que se ajustaram a modelos quadráticos de regressão. Observa-se que houve uma redução nos valores de L^* e b^* , caracterizado por um decréscimo no brilho e uma tendência ao escurecimento à medida que as sementes se desenvolviam. Esses decréscimos acompanharam o surgimento gradual de manchas marrons na superfície das sementes até a formação da cor marrom escura característica da semente de tamarindo.

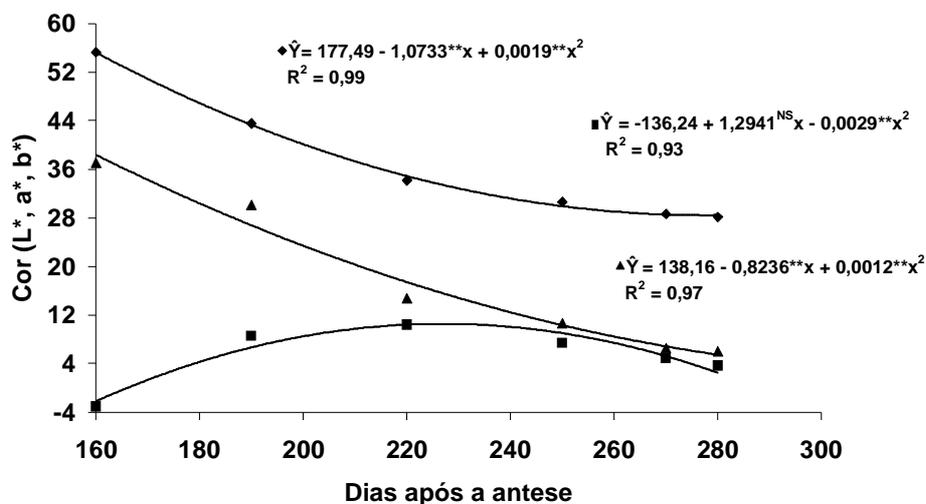


Figura 16. Análise objetiva da cor L* (◆), a* (<) e b* (▲) das sementes de tamarindo durante o seu desenvolvimento.

Os valores de a* passaram do sinal negativo para o positivo entre 160 e 190 dias após a antese, caracterizado pelo desaparecimento da cor verde e surgimento de outros pigmentos (CHITARRA, 1999). O máximo valor de a* (8,1) foi obtido aos 233 dias, momento em que a semente já estava totalmente encoberta pela cor marrom. A partir daí, houve diminuição nos valores de a*, que juntamente com os decréscimos de L* e b* intensificaram a formação da cor marrom escura. Santos (2001), também detectou mudanças de sinal negativo para positivo nos valores de a*, no início de desenvolvimento de pitangas.

Conjuntamente, as alterações nos valores de L*, a* e b* caracterizando a passagem da cor verde para a cor marrom escura, estão ligados predominantemente à degradação da clorofila e à síntese de outros pigmentos, como carotenóides e antocianinas (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

3.2.3. Substâncias de reserva das sementes de tamarindo

Os valores referentes às substâncias de reserva, amido e proteína das sementes de tamarindo durante o seu processo de desenvolvimento, ajustaram-se a modelos quadráticos de regressão (Figuras 17 e 18).

Observa-se que o teor de amido (Figura 17), variou ao longo do desenvolvimento. Aos 160 dias após a antese, este era de 9,5%, decresceu para

7,32% aos 193 dias e, a partir daí, aumentou para 19,2% aos 270 dias, correspondendo a um acréscimo de 163 % neste período. Entre 270 e 280 dias, o acréscimo no teor de amido foi de apenas 16,6%, período correspondente ao ponto de maturação fisiológica das sementes.

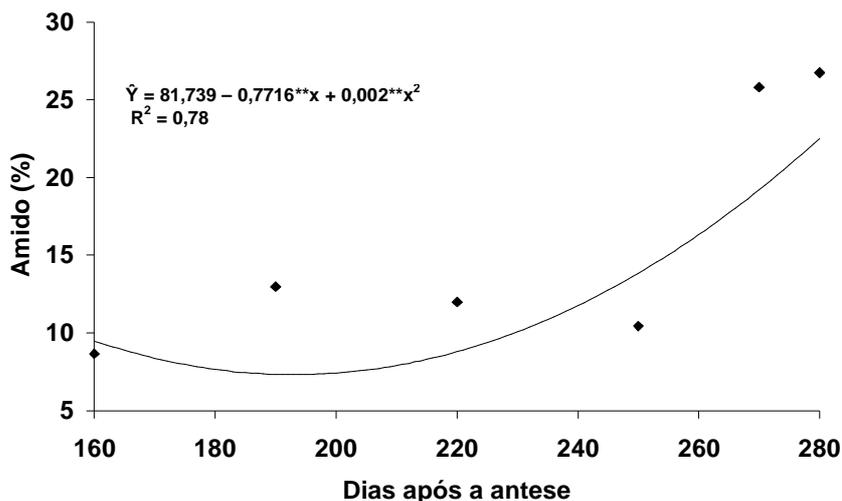


Figura 17. Amido das sementes de tamarindo durante o seu desenvolvimento.

Comportamento semelhante foi observado para os teores de proteína (Figura 19) que aos 160 dias após a antese era de 5,4%, apresentando valor mínimo de 4,1% no mesmo período do teor de amido (193 dias). Entre 193 e 270 dias, o incremento no teor de proteínas foi de 175%, passando de 4,1 para 11,3%. No momento da colheita, 280 dias, as sementes de tamarindo apresentavam teor de proteína de 13,3%.

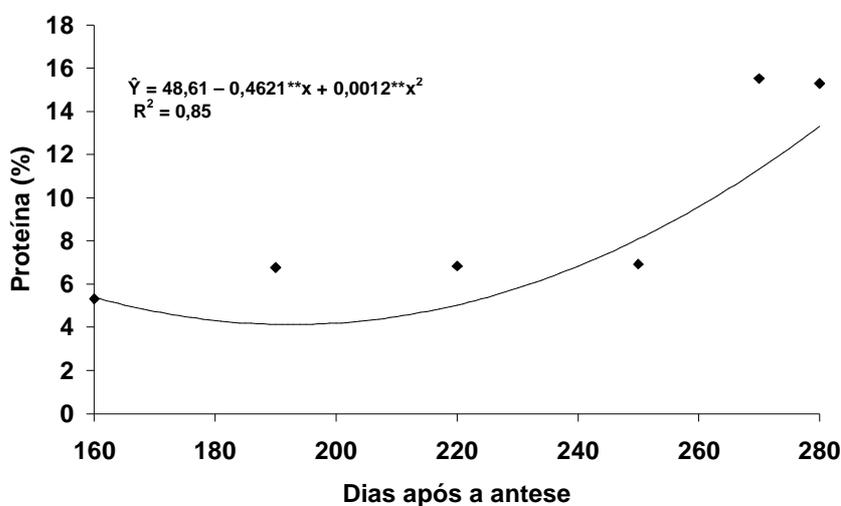


Figura 18. Proteína das sementes de tamarindo durante o seu desenvolvimento.

A massa da matéria seca da semente de tamarindo contém de 13,1 a 26,9% de proteínas e 65 a 70% de polissacarídeos e amilopectina (PEREIRA et al., 2004). Logo, nesse trabalho, o valor de 22,5% de amido encontrado na semente no momento da maturação fisiológica foi inferior ao relatado por Pereira et al., (2004), enquanto o teor de proteína (13,3%) está dentro da faixa citada pelo referido autor.

Essas diferenças encontradas podem ser consideradas normais, já que as características físicas e químicas dos frutos e sementes de tamarindo são bastante variáveis e dependem principalmente do local onde foram produzidos e do período decorrido da antese à colheita (ALVES et al., 1993).

Os resultados das análises revelam o amido como um dos principais componentes de reserva do tamarindo, nas condições estudadas nesse experimento. Pode-se observar também que, o decréscimo no teor de água das sementes (Figura 15d) acompanha o aumento dos teores das substâncias de reserva durante o desenvolvimento e isso, possivelmente, contribuiu para uma maior concentração dessas substâncias de reserva nas sementes de tamarindo e conseqüentemente para a germinação (Figura 15f) das mesmas, que foi considerada satisfatória desde o início das avaliações. Ressalta-se, também, que a função principal das proteínas de reserva é o suprimento de aminoácidos para a formação de novas proteínas durante a germinação (EICHELBERGER et al., 2002).

O percentual de amido encontrado nas sementes de tamarindo tem várias aplicações industriais, como melhoramento da textura de geléia, estabilização de

sorvetes, ingredientes ou agentes ativos de vários produtos farmacêuticos. Na Índia, esse polissacarídeo é muito utilizado na indústria de juta e algodão para engomamento dos fios, em substituição ao amido de milho, de forma mais eficiente e econômica (TAMARINDEIRO, 2004).

4. CONCLUSÕES

1. O crescimento dos frutos de tamarindo pode ser descrito por um modelo sigmoidal simples;
2. O comprimento, largura e espessura dos frutos de tamarindo apresentam duas fases de crescimento bem definidas;
3. A maturação fisiológica dos frutos de tamarindo ocorre no período entre 270 e 280 dias após a antese, coincidindo com o desprendimento natural dos frutos da planta mãe (consumo *in natura*);
4. As alterações na cor dos frutos se processou lentamente ao longo do desenvolvimento, passando do verde para o castanho amarelado, característico da cor do tamarindo;
5. Os componentes químicos (sólidos solúveis totais, açúcares redutores, não redutores e totais, acidez total titulável, vitamina C e amido), aumentam com o desenvolvimento dos frutos;
6. Os açúcares redutores correspondem a 90,7% dos açúcares totais;
7. A maturação fisiológica das sementes de tamarindo ocorre entre 270 e 280 dias após a antese coincidindo com a maturação dos frutos;
8. O percentual de amido na semente no ponto de maturação é 22,5% e o de proteína 13,3%.

CAPÍTULO 2

**CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE TAMARINDO SOB ATMOSFERA
MODIFICADA**

1. INTRODUÇÃO

O tamarindo é uma planta nativa da África tropical onde se dispersou por todas as regiões tropicais do mundo. No Brasil, as plantas foram introduzidas da Ásia e, mostram-se bem adaptadas em vários estados, dada a sua habilidade de adaptação em climas tropicais e subtropicais. Atualmente é encontrada nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, em plantações não organizadas e dispersas, devido a pouca ou quase nenhuma atenção dada a cultura.

Pelo seu agradável aroma e sabor ácido-doce, o tamarindo é muito utilizado na fabricação de refrescos, sorvetes, pastas, doces, licores, geléias e também como ingredientes em condimentos e molhos (PEREIRA et al., 2004). Na medicina tradicional, é utilizado como laxante e expectorantes em problemas digestivos e pulmonares (KOMUTARIN et al., 2004).

O interesse pela pós-colheita de frutas tem aumentado nos últimos anos no Brasil, em virtude de grandes safras, do aumento do consumo, da necessidade de um abastecimento permanente do mercado com frutas frescas e do incremento no volume de exportações (MALGARIM et al., 2005).

Como todo fruto perecível, necessita de condições adequadas para manter as suas propriedades depois da colheita pelo maior tempo possível. O armazenamento sob baixas temperaturas é um dos métodos mais recomendados por minimizar a velocidade das reações metabólicas, retardando o amadurecimento, proporcionando assim, o prolongamento do período de comercialização (HARDENBURG, 1971; PANTÁSTICO, 1975; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Modificação na atmosfera do armazenamento, complementando ou substituindo a refrigeração é também, segundo Chitarra e Chitarra (2005), uma técnica bastante usada nas últimas décadas. Essa técnica tem conseguido prolongar a vida pós-colheita dos frutos, minimizando as perdas de massa, reduzindo a taxa respiratória e produção de etileno, sem provocar alterações na cor, acidez titulável, pH, sólidos solúveis e conteúdo de ácido ascórbico conforme observado em goiabas “Paluma” (GONZAGA NETO et al., 1999; RIBEIRO et al., 2005); manga (YAMASHITA et al., 2001), Morango (CALEGARO et al., 2002) e tamarindo (NAGALAKSHMI et al., 2002).

As operações realizadas em pós-colheita, se bem conduzidas, permitirão não somente minimizar as perdas, mas também manter a qualidade das frutas por um

maior período. A estocagem dos frutos de tamarindo por longos períodos é, entretanto, um problema particularmente devido à fragilidade da casca que se quebra com facilidade, expondo o seu conteúdo. A polpa durante o armazenamento torna-se muito escura, amolecida e pegajosa por efeito da degradação pectolítica, além do que ocorre grande absorção de umidade, sobretudo, quando armazenado em climas úmidos. A infestação por insetos é outro problema, principalmente, quando as sementes estão presentes (COELHO et al., 1987). Os frutos do tamarindo são atacados pelo inseto *Sitophilus linearis* (Herbst), provocando danos na polpa e semente e, conseqüentemente, perdas irreparáveis na comercialização do produto, fato registrado por Silva et al. (1968) e Zidko (2002).

Devido à pouca expressão comercial desses frutos no Brasil, são raros, ou mesmo inexistentes os trabalhos sobre pós-colheita ou conservação de frutos de tamarindo nacionais. Portanto, faz-se necessário um estudo dessa natureza, para que o cultivo e o processamento dessa fruta exótica e de fácil adaptação em solo brasileiro sejam intensificados.

Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento dos frutos e sementes de tamarindo, acondicionados em embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD), seladas a vácuo e sem vácuo, armazenadas em câmara de refrigeração e ambiente natural durante seis meses.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado de novembro de 2003 a maio de 2004 com frutos colhidos de um pomar localizado na Escola Agrotécnica Federal de Sousa (EAFS). A colheita dos frutos foi realizada no ponto de maturação comercial, ou seja, momento em que o fruto se desprende da planta mãe por “balanço das árvores”.

Depois da colheita manual, os frutos foram transportados para o Laboratório de Processamento de Frutas e Legumes da EAFS, onde foram descascados manualmente, selecionado-se visualmente os limpos e sadios. Em seguida, formou-se um lote, que depois de homogeneizado foi dividido em 24 amostras de 1,5 kg cada, as quais foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD, 0,20mm), sendo 12 embalagens seladas a vácuo (CV), em que o ar foi retirado do seu interior por meio de uma máquina (seladora a vácuo, tipo AP 500 da TECMAC) e 12 embalagens seladas sem a retirada do ar (SV). Posteriormente, estas foram armazenadas em câmara frigorífica tipo Monobloco PLUG-IN da Polifrio a temperatura de $-10 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $37 \pm 3\%$ e condições ambientais de armazenamento do Laboratório de Processamento de Frutas e Legumes da EAFS, que no período, apresentou temperatura média de 27°C e umidade relativa do ar de 72% (Tabela 1). Cada ambiente de armazenamento, câmara (AC) e ambiente natural (AN), receberam 6 embalagens CV e 6 embalagens SV. As avaliações, descritas no item 2.1, foram realizadas mensalmente retirando-se de cada ambiente uma embalagem CV e uma SV que, após análises, eram descartadas. Na Figura 1 está apresentado o resumo dessa seqüência do armazenamento.

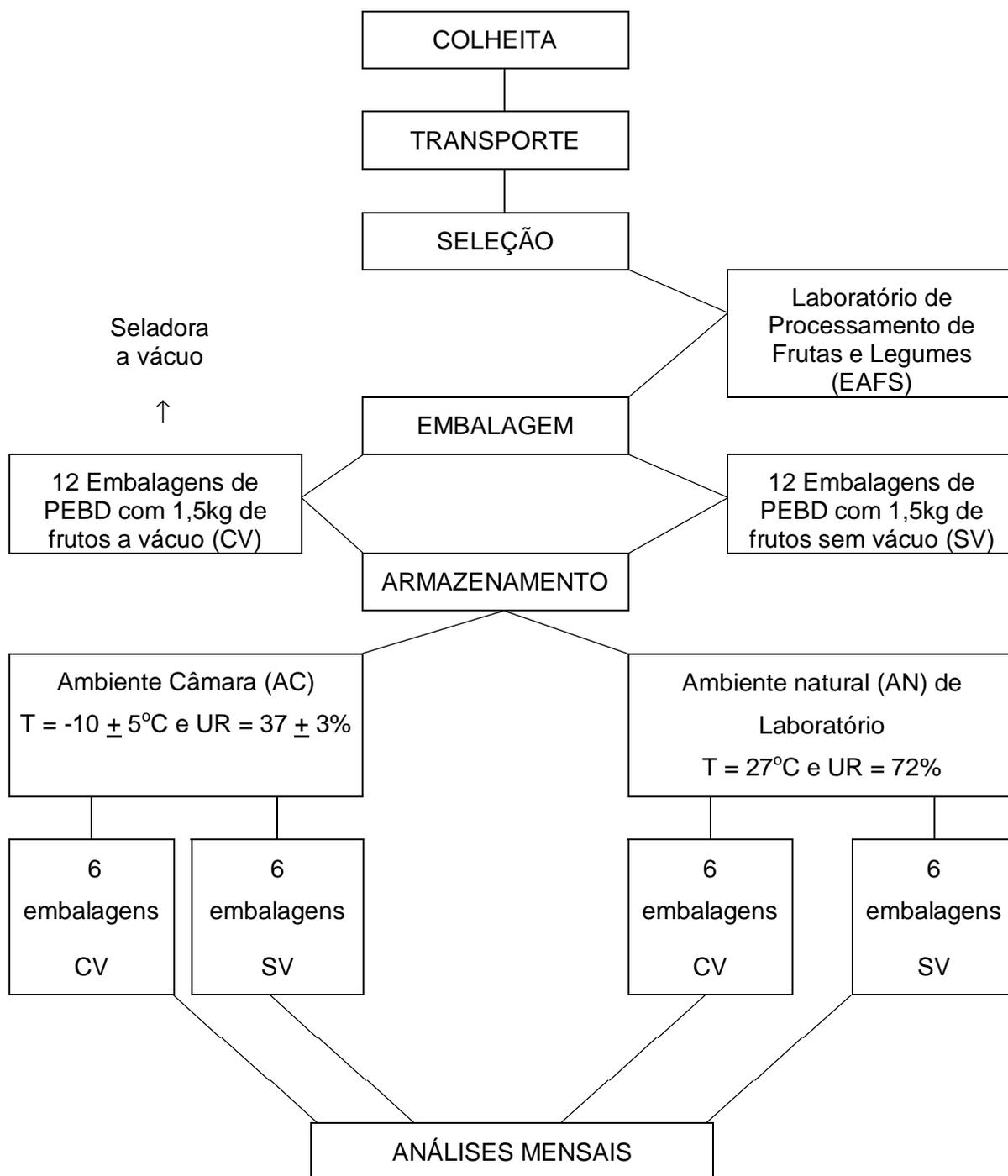


Figura 1. Seqüência para o armazenamento dos frutos de tamarindo

Tabela 1. Temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar durante os meses de armazenamento em ambiente natural (médias mensais)

Ano	Mês	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade relativa (%)
2003	Novembro	36,2	22,3	60
	Dezembro	36,4	22,4	61
2004	Janeiro	32,2	22,3	77
	Fevereiro	31,3	21,7	81
	Março	31,6	21,2	79
	Abril	32,2	21,2	78
	Maio	32,0	21,2	69
Média	-	33,13	21,76	72,41

Para início dos trabalhos de armazenamento, o material foi caracterizado quanto às variáveis contidas na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização dos frutos de tamarindo para o armazenamento

Variáveis	Média	CV (%)
Teor de água dos frutos (%)	12,27 ± 0,12	0,97
SST polpa (° Brix)	58,11 ± 0,27	0,47
ATT (g/100g de ácido tartárico)	17,32 ± 0,22	1,29
SST/ATT	3,36 ± 0,04	1,08
pH do fruto	1,73 ± 0,03	1,72
Vitamina C (mg/100g)	13,18 ± 0,03	0,25
Teor de água da semente (%)	11,02 ± 0,18	1,64
Germinação (%)	94,00 ± 1,63	1,74
Infestação da semente (%)	1,76 ± 1,58	89,93
Cor do fruto		
Luminosidade (L*)	29,5 ± 1,2	4,0
Intensidade de vermelho (+a*)	9,5 ± 3,5	36,6
Intensidade de amarelo (+b*)	12,2 ± 1,9	15,3
Cor da semente		
Luminosidade (L*)	27,2 ± 1,0	3,6
Intensidade de vermelho (+a*)	2,6 ± 1,4	53,7
Intensidade de amarelo (+b*)	6,3 ± 1,2	19,2

2.1. Análises laboratoriais

As avaliações e determinações que se seguem, foram realizadas no Laboratório de Análise de Sementes, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba - CCA/UFPB, Campus II, Areia, PB.

a) Teor de água dos frutos (%): mediante secagem em estufa sem circulação de ar à 65°C até peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);

b) Teor de água das sementes (%): determinado pelo método padrão da estufa 105 ± 3° C durante 24 h, segundo as prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992);

c) Teste de germinação (%): As sementes foram retiradas do fruto, por extração manual da polpa e semeadas em bandejas plásticas com substrato de areia lavada, umedecida com 60% de sua capacidade de retenção. Utilizaram-se quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento. O ensaio foi instalado em casa de vegetação e as observações feitas diariamente até os 30 dias para a determinação do início e as porcentagens de sementes germinadas;

d) Comprimento aéreo de plântulas (cm): No final do teste de germinação, o hipocótilo das plântulas normais de cada repetição foram medidos com o auxílio de uma régua graduada em cm;

e) Infestação do *Sitophilus linearis*: O nível de infestação foi determinado pelo dano do inseto nas sementes. A infestação foi avaliada, após as sementes serem retiradas das vagens e observada com o auxílio de uma “lupa” com aumento de 10 vezes. Foram consideradas infestadas as sementes com presença de larva, pupa, adulto do inseto ou orifício característico, considerando-se o número de sementes infestadas em relação ao total de sementes retiradas das vagens. As sementes que não apresentaram dano visual foram incubadas e acompanhadas diariamente, durante 30 dias para verificação do desenvolvimento do inseto;

As demais determinações foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos do Centro de Formação de Tecnólogos da Universidade Federal da Paraíba-CFT/UFPB, Campus III, Bananeiras, PB.

a) Avaliação objetiva da cor de frutos e sementes: determinada em três pontos de cada fruto, utilizando colorímetro manual Minolta CR-300, que forneceram os valores de:

- luminosidade (L^*), que varia do branco (100) ao preto (0);
- a^* definido como a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$)
- b^* representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

b) Sólidos solúveis totais (SST, °Brix): realizada através de leitura direta em refratômetro manual (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);

c) Acidez total titulável (ATT, % de ácido tartárico): determinado por titulometria com solução de hidróxido de sódio a 0,1N (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);

d) Vitamina C (mg/100g): determinada por titulometria com 2,6 diclorofenolindofenol a 0,1% padronizada com ácido ascórbico segundo AOAC (1984), modificada por Benassi e Antunes (1998);

e) pH: medido em potenciômetro, com eletrodo de membrana de vidro calibrado com soluções de pH 4,0 e 7,0 (AOAC, 1984).

2.2. Delineamento experimental

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2 x 2 x 6, com quatro repetições por teste. Os fatores estudados foram: armazenamento (ambiente natural e câmara), embalagens (CV e SV) e tempo de armazenamento (1, 2, 3, 4, 5, 6 meses). Para os testes de germinação, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, que foram armazenadas dentro dos frutos. Os dados coletados durante o armazenamento foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F para comparação das médias do armazenamento e embalagem. Para os meses foi realizada análise de regressão polinomial, avaliando-se o efeito linear, quadrático e cúbico,

selecionando os modelos que apresentaram contribuição significativa com R^2 maior que 60%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Armazenamento de frutos de tamarindo

O resumo da análise de variância dos parâmetros avaliados durante o armazenamento dos frutos de tamarindo encontra-se no Quadro B1 (Apêndice B).

3.1.1. Teor de água dos frutos

Para o teor de água dos frutos, a análise de variância revela interação significativa entre ambiente e tempo de armazenamento. Os frutos de tamarindo armazenados no ambiente natural (AN) (Tabela 3) apresentaram maior percentual no teor de água do que os frutos armazenados em ambiente câmara (AC), com exceção do primeiro, segundo e terceiro mês que não apresentaram diferenças no percentual de umidade dos frutos entre o armazenamento em câmara e ambiente natural. Tem-se ainda que, independente do uso da embalagem a vácuo (CV) e sem vácuo (SV), o filme de plástico (PEBD, 0,20 mm), não ofereceu resistência à passagem do vapor de água e, provavelmente, a alta umidade relativa do ar do armazenamento em ambiente natural, resultou em um menor gradiente de pressão de vapor entre os frutos e ambiente, minimizando a desidratação dos mesmos, atribuições que concordam com as observações feitas por Kluge et al. (1999).

Tabela 3. Valores médios do teor de água (%) dos frutos de tamarindo, para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento

Ambiente de Armazenamento	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Câmara	11,23 a	10,13 a	9,29 a	7,75 b	6,09 b	6,31 b
Natural	11,53 a	10,61 a	9,49 a	9,69 a	7,11 a	7,06 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dms = 0,63.

Em condição de refrigeração ($4 \pm 2^{\circ}\text{C}$), e ambiente natural ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$), Nagalakshmi et al. (2002), não observaram diferenças significativas no teor de água do fruto de tamarindo entre os ambientes de armazenamento, porém, os mantidos em embalagem a vácuo apresentaram menor taxa de absorção de água. Os autores atribuíram a maior umidade dos frutos selados sem a retirada do ar (SV), ao teor de umidade existente dentro desta embalagem antes do seu fechamento.

A diminuição do percentual de água ocorrida durante o tempo de armazenamento dos frutos de tamarindo se traduz em perda de peso fresco que, de acordo com Carmo (2004), conduz também a perda de qualidade principalmente por alterar a textura do fruto. Para o tamarindo estudado nesse trabalho, a diminuição da água ao longo da armazenagem decorrente das condições a que foram submetidas, parece não ser um problema devido a não ocorrência de desordens fisiológicas ou ataque fúngico (Figura 2), fato que se deve, sobretudo, a elevada acidez do fruto, vindo a favorecer a comercialização e industrialização do mesmo.

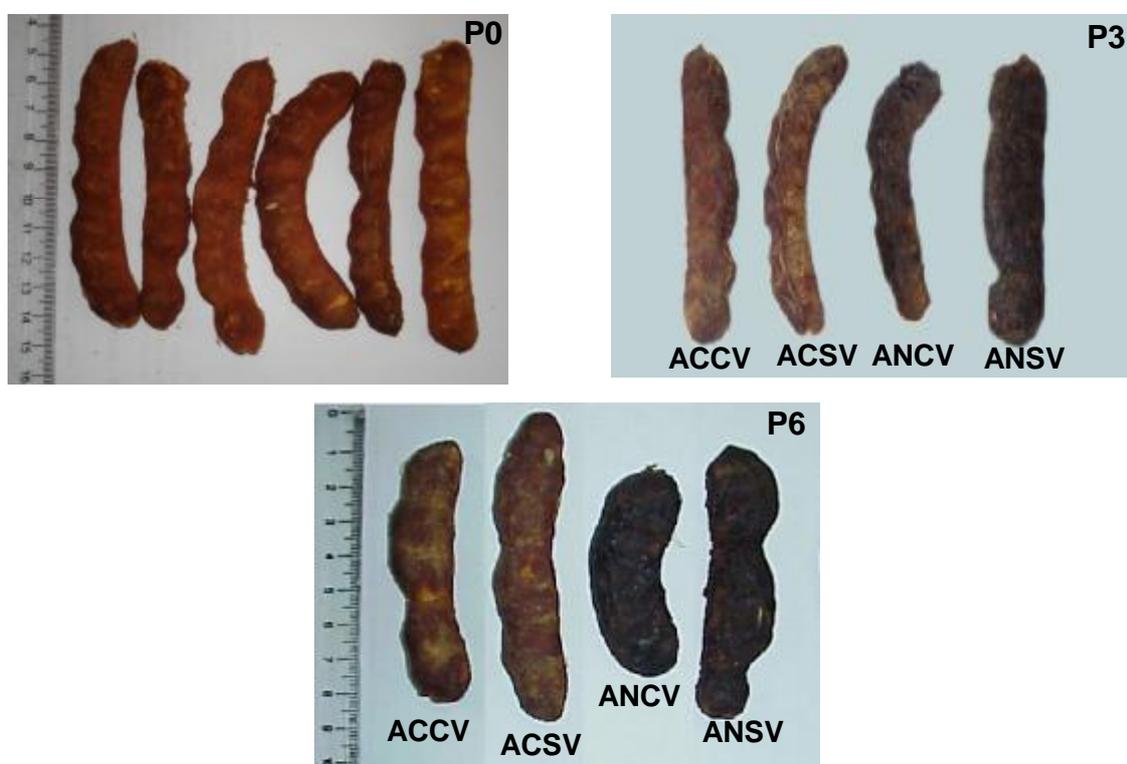


Figura 2. Variação na coloração dos frutos de tamarindo acondicionados em embalagem a vácuo (CV) e sem vácuo (SV) e armazenados em ambiente natural (AN) e câmara (AC): (P0) caracterização, (P3) aos 3 meses de armazenamento, (P6) aos 6 meses de armazenamento.

Na Figura 3, constatou-se, depois do estudo dos dados quantitativos revelados pela análise de variância e regressão, que nos dois armazenamentos (AN e AC) para os frutos acondicionados em embalagem CV, a equação de primeiro grau foi a que melhor se ajustou aos dados experimentais, enquanto a de segundo grau ajustou melhor os dados dos dois ambientes de armazenamento com os frutos acondicionados em embalagem SV. Ainda em análise a Figura 3, observa-se

decréscimo no teor de água dos frutos nos dois tipos de armazenamento indicando que o filme de PEBD possibilitou a troca de vapor entre os frutos e a atmosfera ao seu redor, independente da embalagem. Este comportamento para Sigrist (1988), é um dos aspectos importante da transpiração. O teor de água antes do armazenamento dos frutos de tamarindo (caracterização) era de 12,27% e depois do período de armazenamento em ambiente natural, as perdas percentuais foram 48 e 41% respectivamente para as condições de embalagem CV e SV e, de 51% (CV) e 53% (SV) quando estes foram armazenadas em câmara. Sobre o tema, Nagalakshmi et al. (2002), registraram pequena absorção de água em frutos de tamarindo empacotados a vácuo depois de 360 dias de armazenagem em câmara de refrigeração a $4 \pm 2^{\circ} \text{C}$.

Diferentemente da maioria dos frutos em que a perda de água pode deixar o fruto inadequado para o consumo e comercialização (NEVES FILHO, 1985), bastando para isso redução superior a 5% que conduz ao enrugamento e, conseqüentemente, a rejeição do fruto pelo consumidor (PANTASTICO,1975), para o tamarindo, as perdas mais acentuadas no teor de água no armazenamento em câmara não afetaram a qualidade do fruto, revelado pela cor dos mesmos (Figura 2), que se manteve superior aos frutos armazenados em ambiente natural e acondicionados em embalagem CV e SV, respectivamente.

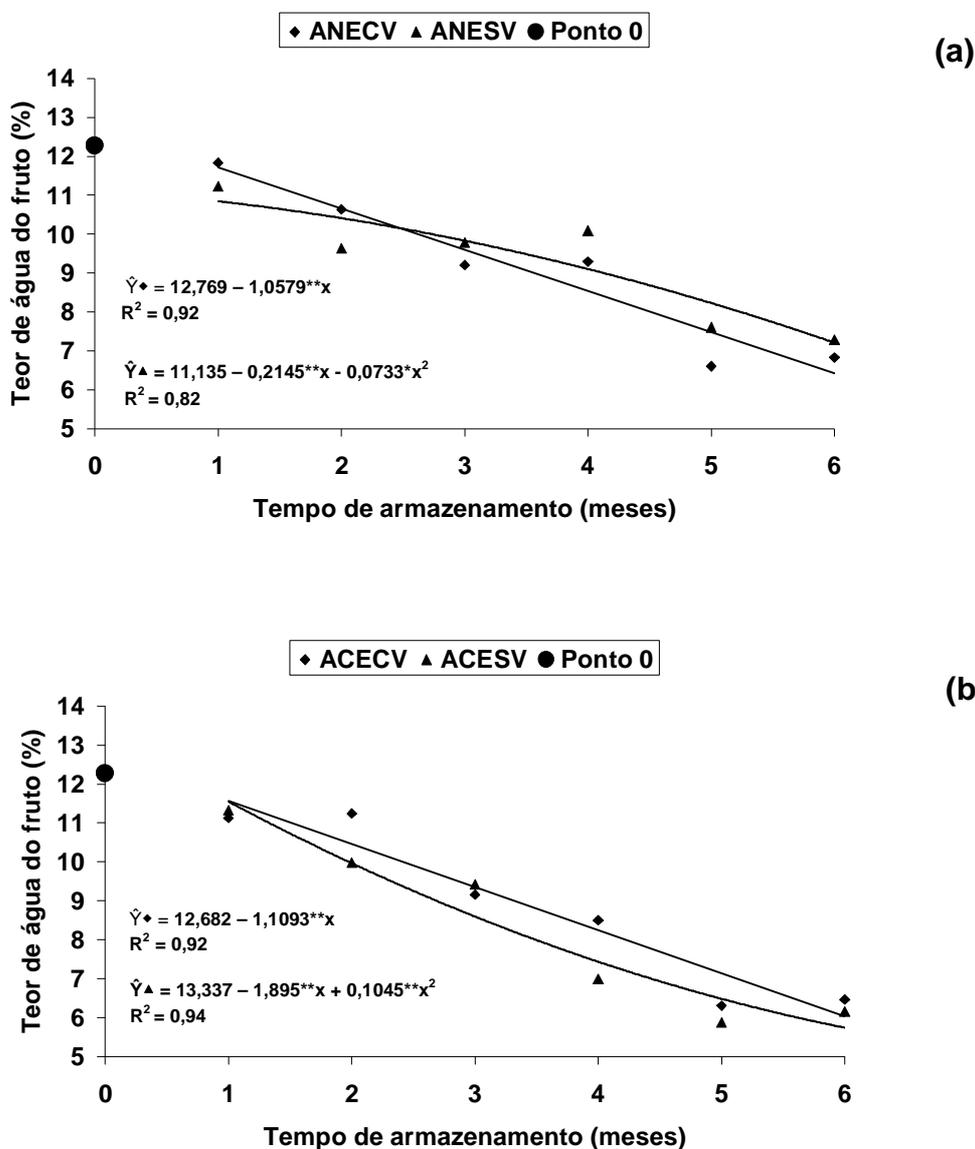


Figura 3. Teor de água (%) dos frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

Sapoti armazenado a 24 ± 2 °C, durante 12 dias em atmosfera modificada por filme de PVC e sem modificação perdeu mais peso na armazenagem modificada (MIRANDA et al., 2002). Reduções no teor de água dos frutos ao longo do armazenamento em valores que variaram com o tipo de tratamento utilizado foram observados com goiaba “Paluma” por Gonzaga Neto et al. (1999) e Ribeiro et al.

(2005); com manga por Yamashita et al. (2001) e morango por Calegaro et al. (2002).

3.1.2. Coloração dos frutos

Analisando a Tabela 4, constatou-se para o armazenamento a que foram submetidos os frutos de tamarindo, diferenças de comportamento quanto a L^* ; tendo a câmara (AC), revelado em todos os meses, valores de L^* maiores que quando os frutos foram armazenados em ambiente natural (AN) e próximo do L^* final. Este comportamento garantiu a aparência agradável do fruto pela efetiva manutenção da cor do mesmo, enquanto que a perda mais acentuada do brilho no armazenamento em AN levou ao escurecimento dos mesmos tornando-os menos atrativos (Figura 2).

Tabela 4. Valores médios da luminosidade (L^*) de frutos de tamarindo, para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento

Ambiente de Armazenamento	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Câmara	30,67 a	32,06 a	30,85 a	31,50 a	30,52 a	30,38 a
Natural	28,46 b	29,70 b	27,00 b	25,92 b	25,75 b	26,36 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dms = 1,04.

A coloração dos frutos é um atributo de qualidade por contribuir para uma boa aparência e influenciar a preferência do consumidor (CLYDESDAL, 1993). Em tamarindo, o escurecimento excessivo do fruto compromete a sua aceitação pelo consumidor.

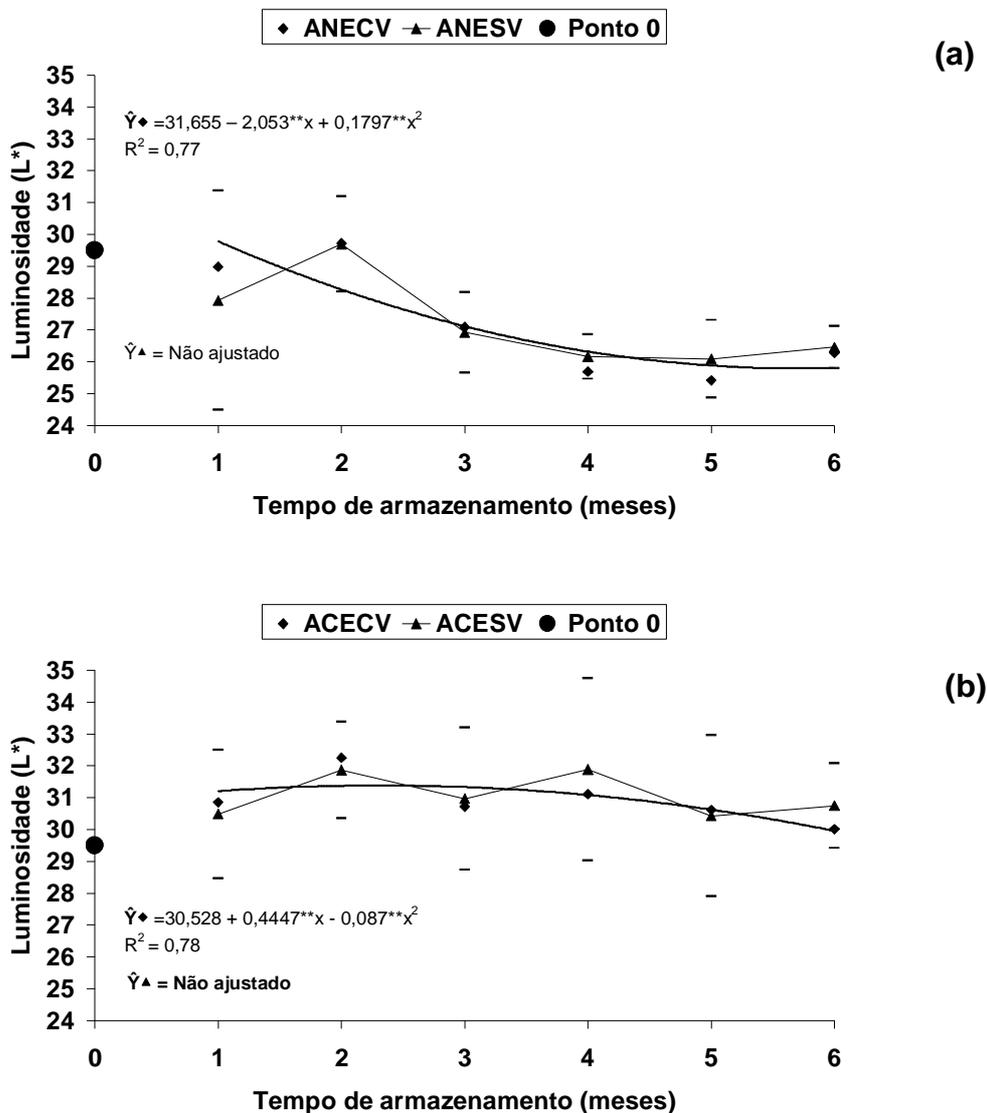


Figura 4. Luminosidade (L*) dos frutos de tamarindo armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

Observa-se nessa figura, nos dois armazenamentos, valores de L* menores à medida que avança o tempo de armazenamento. As reduções nos valores de L* para o armazenamento natural e câmara foram de 9,3% e 2,8% respectivamente. O uso da câmara associado à embalagem a vácuo retardou o escurecimento dos frutos em comparação ao armazenamento em ambiente natural na mesma embalagem. Este comportamento, conforme observado por Silva et al. (1999), deve-se, possivelmente, à elevada concentração de CO₂ e a redução de O₂ no interior das embalagens, associada à baixa temperatura do armazenamento que afeta a

atividade enzimática e o metabolismo dos pigmentos. Resultados que se harmonizam com os observados por Nagalakshmi et al. (2002), ao constatarem menor escurecimento em frutos de tamarindo armazenados sob refrigeração em embalagens a vácuo, frente às mesmas condições em ambiente natural. Além da atmosfera gerada no interior das embalagens, os autores acreditam que a passagem da luz, pela embalagem transparente, auxiliou as reações de escurecimento da polpa, nos frutos armazenados em ambiente.

Neres et al., (2004), obtiveram menores mudanças na coloração de frutos de jiló, quando embalados na embalagem PEBD e baixa temperatura (13 e 5°C).

Reduções de L^* foi detectado por Robbim e Moore (1990), em frutos de framboesa, armazenados durante 16 dias nas temperaturas de 0°C e 4,5°C; fato também observado por Oliva et al. (1996), no armazenamento de néctar de acerola; Oliveira Neto (2002), em bananas prata, pacovam e nanicão quando armazenadas em ambiente independente da temperatura (23°C e 15°C) e Cox et al., (2004) em abacate.

3.1.3. Sólidos solúveis totais (SST)

Na Tabela 5, observa-se redução no SST durante o período em que os frutos de tamarindo permaneceram armazenados quer em câmara (AC) quer em ambiente natural (AN), com valores estatisticamente superiores para o AN a partir do terceiro mês de armazenamento, comportamento que se deve, possivelmente, aos menores valores da ATT (Tabela 7), fato apoiado na afirmativa de Kays (1997), quando diz que o aumento no SST, em geral, está acompanhado da diminuição nos conteúdos de ácidos e conversão dos mesmos para açúcares através da via glicolítica. Elevação nos valores de SST em frutos de acerola armazenados em ambiente natural foi observado por Santos et al. (1999) e para uvaia por Scalon et al. (2004), mas, em polpa de tamarindo armazenado em ambiente natural (média de 28°C) e refrigeração (-10°C), Coelho et al. (1987) não detectaram variações significativas para SST.

Tabela 5. Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix), de frutos de tamarindo para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento

Ambiente de armazenamento	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Câmara	62,80 a	61,97 a	57,27 b	56,48 b	52,44 b	52,02 b
Natural	63,25 a	62,50 a	60,83 a	58,38 a	56,04 a	53,58 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dms = 0,66.

O efeito das embalagens com vácuo (CV) e sem vácuo (SV) ao longo do período em que os frutos permaneceram armazenados, observou-se a partir do quarto mês com superioridade estatística para os frutos acondicionados em embalagens a vácuo (Tabela 6), indicando que as menores taxas de oxigênio oferecidas por esta embalagem tenham contribuído para a manutenção do SST e que, a partir deste ponto, o consumo de oxigênio foi maior para os frutos nas embalagens SV, devido aos processos metabólicos promovidos pelo acondicionamento dos frutos nesta embalagem. Em harmonia com as atribuições apresentadas, Chitarra e Chitarra (2005), explicam que ao diminuir os níveis de O₂ e aumentar os de CO₂, reduz-se à atividade metabólica do material vegetal.

Tabela 6. Valores médios do teor de sólidos solúveis totais (°Brix), de frutos de tamarindo para a interação entre embalagem e tempo de armazenamento

Embalagem	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com vácuo (CV)	63,17 a	62,15 a	58,87 a	58,84 a	56,04 a	54,29 a
Sem vácuo (SV)	62,87 a	62,33 a	59,23 a	56,06 b	52,44 b	51,31 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dms = 0,66.

O desdobramento da interação entre os ambientes e embalagens ao longo do tempo de armazenamento está apresentado na Figura 5. Observam-se perdas nos SST ao longo do período nos dois armazenamentos (AN e AC), independente do tipo de embalagem (CV e SV). Com outros tipos de frutas, jiló (NERES et al., 2004) e

cajazeira (COSTA, 1998), também foram constatados diminuições nos SST ao longo do armazenamento.

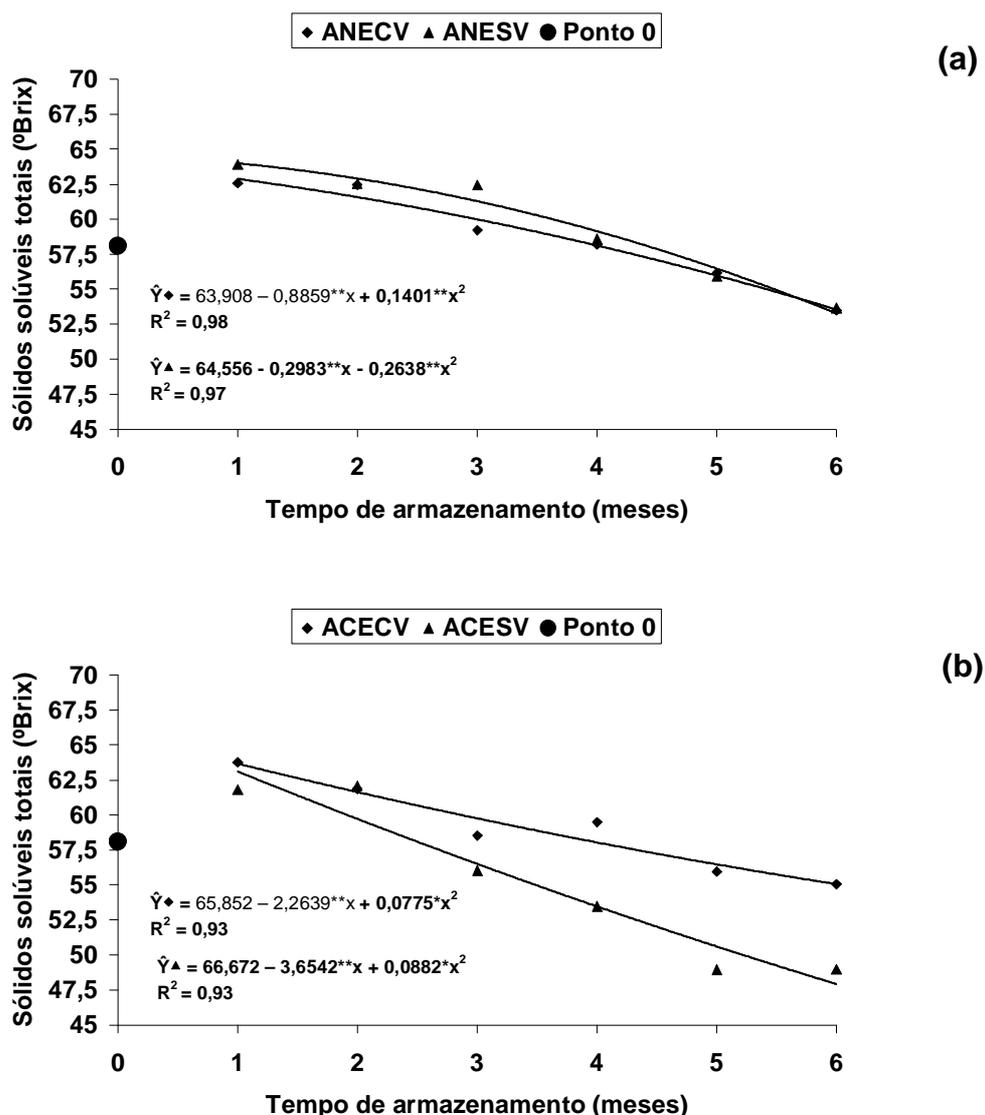


Figura 5. Sólidos solúveis totais (°Brix) dos frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

É importante observar que SST antes da armazenagem (caracterização) era de 58,1°Brix passando para 63,1°Brix e 64°Brix depois do primeiro mês do armazenamento em ambiente natural em embalagens CV e SV respectivamente. Esse comportamento dos SST, nesse intervalo, pode ser atribuído, à redução no teor de água nesse período, resultando em uma maior concentração de sólido nos

tecidos, conforme também observado por Calegari et al. (2002), em armazenamento de morangos sob atmosfera modificada. Kays (1997) relata diminuição nos SST com produto armazenado depois de colhido na maturação, devido o SST servir como substrato respiratório durante o período do armazenamento, concordando com os resultados obtidos no presente trabalho, em que os SST foi reduzido em 15% e 17% quando acondicionado nas embalagens CV e SV respectivamente no armazenamento em AN e 14% em câmara com vácuo e 22% em câmara sem vácuo. Lima et al. (1999) também detectou aumento nos SST no início do armazenamento com posterior redução para pêssego cultivar "Premier" a $1 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 10\%$ de UR. Comportamento semelhante foi observado em acerola para as condições de -4 e 11°C e UR do ar de 15 -20% por Santos et al. (1999).

Praticamente não houve diferenças no percentual de redução do SST, quando os frutos foram submetidos à embalagem CV nos dois ambientes de armazenamento. Taiz e Zeiger (1995) atribuíram o fato ser resultado de uma menor concentração de O_2 e maior de CO_2 que se traduz em uma menor taxa respiratória e, conseqüentemente, menor degradação dos substratos orgânicos (FONSECA et al., 2000). Em polpa de tamarindo Nagalakshmi et al. (2002), observaram comportamento similar, quando esta foi empacotada a vácuo e armazenado por 360 dias sob refrigeração de $4 \pm 2^\circ\text{C}$. Sobre o tema, Brunini et al. (2003), constataram para goiaba em pedaços, congelada a -20°C em embalagem de polietileno, decréscimo no SST de 1,8%, comportamento que se deve, provavelmente, à não paralisação dos processos bioquímicos do fruto, apesar da baixa temperatura, conforme constataram Santos et al. (1999) em acerolas armazenadas a -10°C .

3.1.4. Acidez total titulável (ATT)

Nas Tabelas 7 e 8, são apresentados os resultados da interação significativa entre ambiente, embalagem e tempo de armazenamento, para a acidez total titulável (ATT). Examinando os dados contidos na tabela 7, têm-se para o armazenamento em câmara, valores estatisticamente maiores no primeiro, quarto e sexto mês de armazenamento, igualdade estatística no terceiro e quinto mês e inferioridade no segundo mês. Esse comportamento não indica uma afirmação conclusiva estatisticamente para os tipos de armazenamento em relação a ATT, mas há uma tendência, conforme observado, a partir do terceiro mês, de maiores valores da ATT para os frutos conservados em câmara (AC), fato que pode estar relacionado à

maior perda de água dos frutos observada nessa condição (Figura 3), resultando na concentração dos ácidos orgânicos, como também observado em frutos de *Eugenia uvalha cambess* (SCALON et al., 2004) e morangos (CALEGARO et al., 2002).

Para embalagens (Tabela 8), no terceiro, quinto e sexto mês, a ATT na embalagem CV foi estatisticamente igual à SV. Até o quarto mês, houve uma tendência da embalagem SV manter os frutos mais ácidos que a embalagem CV, posteriormente, no quinto e sexto mês houve uma tendência embalagem CV apresentar valores de ATT superiores a SV.

As modificações na concentração de ácidos orgânicos durante o armazenamento de frutos variam com o tipo de ácido, o tipo de tecido, condições de armazenamento e diversos outros fatores (SOUSA et al., 2000). Estas atribuições foram utilizadas por Coelho et. al (1987) para explicar as não diferenças significativas na acidez titulável em ácido tartárico, durante o armazenamento da polpa do tamarindo em ambiente natural de (média 28 °C) e em condições de refrigeração (-10 °C).

Tabela 7. Valores médios da acidez total titulável (% de ácido tartárico) de frutos de tamarindo, para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento

Ambiente de Armazenamento	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Câmara	17,49 a	17,78 b	16,93 a	19,50 a	17,05 a	16,96 a
Natural	16,43 b	18,50 a	17,48 a	18,74 b	17,29 a	15,06 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dms = 0,87.

Tabela 8. Valores médios da acidez total titulável (% de ácido tartárico), de frutos de tamarindo para a interação entre embalagem e tempo de armazenamento

Embalagem	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com vácuo (CV)	16,52 b	17,08 b	17,39 a	18,53 b	17,32 a	16,22 a
Sem vácuo (SV)	17,40 a	19,19 a	17,02 a	19,71 a	17,02 a	15,80 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dms = 0,87.

A apresentação gráfica desse comportamento ao longo do tempo de armazenamento pode ser observada na Figura 6 em que houve ajustes quadráticos

dos dados da ATT para o armazenamento em câmara na embalagem CV e ambiente natural também em embalagem CV. Inicialmente, os frutos se encontravam com 17,32% de ácido tartárico, valor que foi reduzido para 15,47% aos 30 dias de armazenados, atingindo o máximo de 18,8% em aproximadamente 3,5 meses, apresentando ao final do período 14,36%, representando assim uma perda 17% entre o início e final do armazenamento no ambiente natural. Este comportamento pode ser explicado pelo fato do teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminuir em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (CHITARRA e CHITARRA, 2005) e explica, em parte, o comportamento da diminuição da acidez do trabalho em discussão verificado entre a caracterização e o primeiro período de armazenamento, pelo aumento no TSST nesse mesmo período (Figura 5). No armazenamento em câmara, foi registrada pequena redução (5,5%) na ATT na embalagem CV em relação ao início do armazenamento, fato que pode estar associado à redução da taxa respiratória do fruto ocasionado pela menor concentração de oxigênio da embalagem, aliado a menores temperaturas, argumento que se apóia em resultados semelhantes encontrados por Nagalakshmi et al. (2002), em polpa de tamarindo armazenada em embalagem de PEBD com vácuo, sob refrigeração ($4 \pm 2^{\circ}\text{C}$) e ambiente ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Variações na ATT com o uso de atmosfera modificada associada a baixas temperaturas durante o armazenamento de frutos foram demonstradas em abacaxi (BOTREL e CARVALHO, 1993); melão (SILVA et al., 1998); manga (SALLES e TAVARES, 1999); ciriguela (SOUSA et al., 2000); carambolas (CRUZ et al., 2001); Atemóia (MOSCA e LIMA, 2004); pêssego (CANTILLANO et al., 2004); kiwi, (MARSH et al., 2004) e ameixa (MALGARIM et al., 2005).

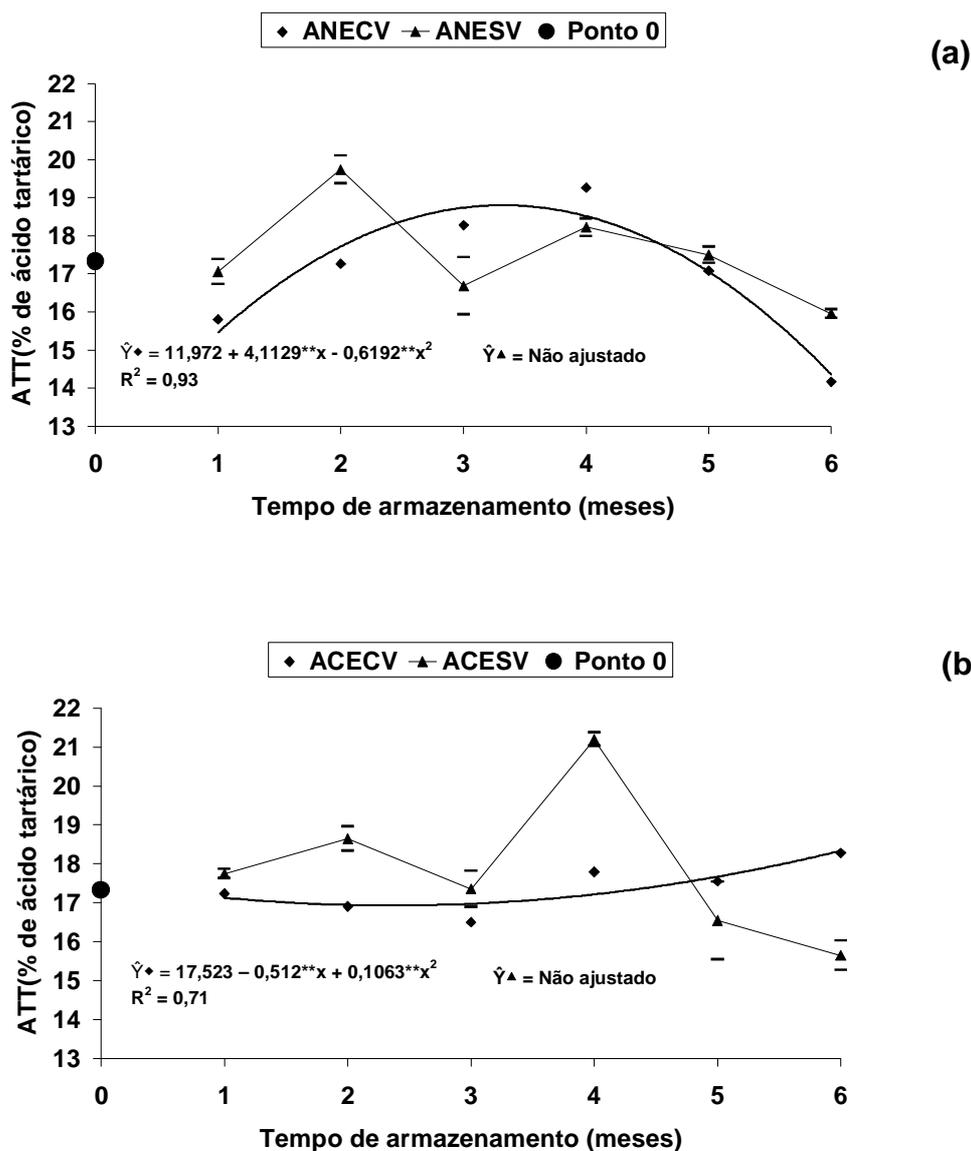


Figura 6. ATT (% de ácido tartárico) dos frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV)

3.1.5. pH

Na Figura 7, encontram-se os valores médios do pH dos frutos de tamarindo ao longo do tempo de armazenamento, que se ajustaram a modelos quadráticos de regressão tanto no ambiente natural (AN) quanto em câmara (AC) nos dois tipos de

embalagens (CV e SV), com reduções de pH nas duas condições, ao longo do tempo de armazenamento. Em pontos percentuais, o decréscimo no pH dos frutos de tamarindo no AN foi de 12,1% em embalagem CV e 11,5%, em embalagem SV no final do armazenamento. Para a câmara as reduções foram de 10,04% e 13,87% nas embalagens CV e SV respectivamente, semelhantemente aos resultados de Coelho et al., (1987), que observaram reduções nos valores do pH, em polpa de tamarindo armazenada durante 150 dias em temperatura ambiente (média 28°C) e refrigerada (-10°C), nestes ambientes, o pH variou de 3,45 a 2,45.

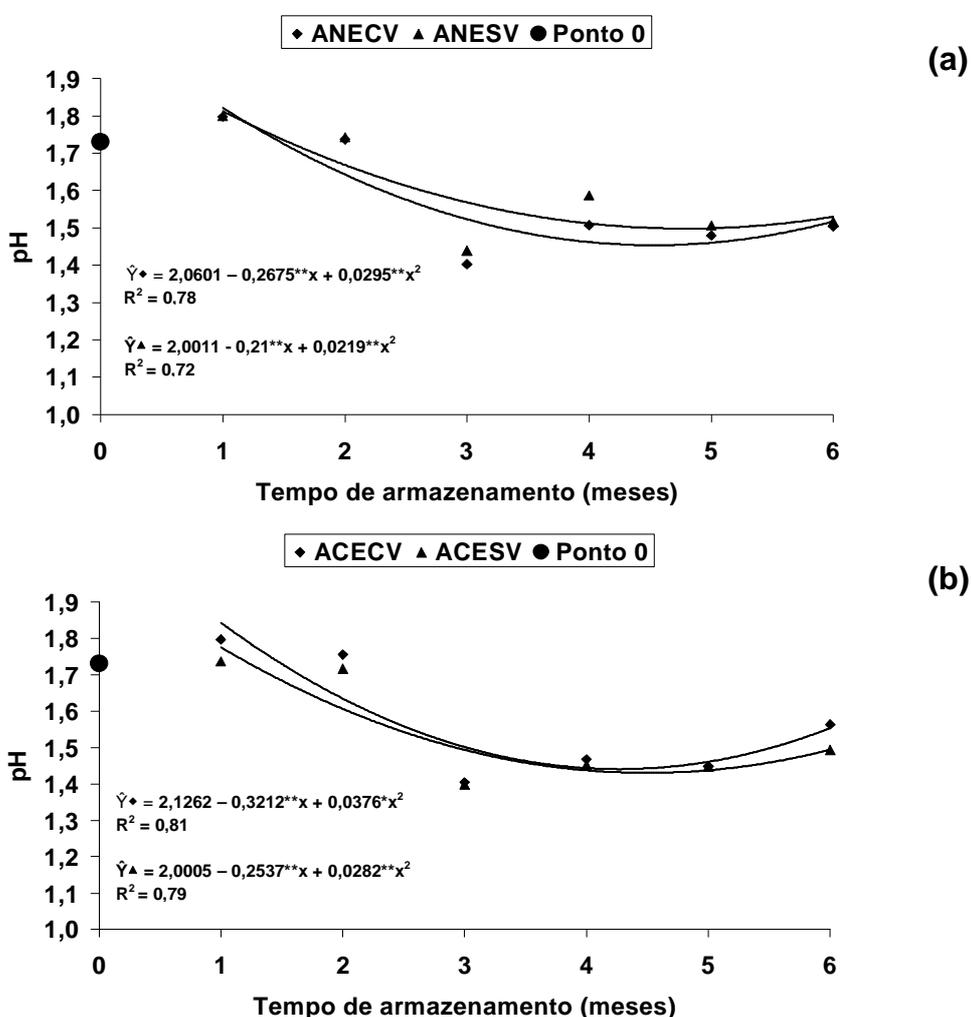


Figura 7. pH de frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

Pequenas variações de pH observadas no armazenamento dos frutos podem ser atribuídas, segundo Chitarra e Chitarra (2005) e Lima et al., (1999), ao efeito taponante dos sais de potássio presente nos ácidos orgânicos no conteúdo celular, fato também justificado por vários autores para as variações encontradas no pH de frutos armazenados: uvaia (SCALON et al., 2004); ciriguela (MARTINS et al., 2000); abacaxi (SOUTO et al., 2004); atemóia (MOSCA e LIMA, 2003); acerola (SANTOS et al., 1999) e sapoti (MIRANDA et al., 2002).

3.1.6. Vitamina C

A análise de variância revelou, para os teores de vitamina C, interações significativas entre ambiente, embalagem e tempo de armazenamento.

Examinando os dados contidos na Tabela 9, observa-se que o armazenamento em ambiente natural (AN) apresentou valores, estatisticamente, superiores no teor de vitamina C para o primeiro, quarto e quinto período de armazenamento, sem diferenças significativas no segundo, terceiro e sexto período em relação ao armazenamento em câmara (AC). No geral, houve uma tendência de valores mais elevados de vitamina C para os frutos armazenados em AN.

Tabela 9. Valores médios da vitamina C (mg/100g), de frutos de tamarindo para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento

Ambiente de armazenamento	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Câmara	12,23 b	5,86 a	3,23 a	3,29 b	3,23 b	3,64 a
Natural	13,39 a	5,63 a	3,47 a	3,94 a	3,96 a	3,70 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dms = 0,38.

Para a embalagem (Tabela 10), não foram observados diferenças na vitamina C, a partir do terceiro mês, entre os frutos armazenados em embalagem a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

Tabela 10. Valores médios da vitamina C (mg/100g), de frutos de tamarindo para a interação entre embalagem e tempo de armazenamento

Embalagem	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com vácuo (CV)	12,56 b	6,10 a	3,38 a	3,68 a	3,69 a	3,68 a
Sem vácuo (SV)	13,06 a	5,40 b	3,32 a	3,54 a	3,49 a	3,66 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade, dms = 0,38.

A Figura 8 contém os valores médios da vitamina C dos frutos de tamarindo acondicionados em embalagem CV e SV e armazenados em AN e AC. Observa-se redução nos valores da vitamina C, nos dois ambientes (AN e AC) nas duas embalagens (CV e SV) ao longo do período de armazenamento. Nas frutas em geral, o ácido ascórbico decresce com o armazenamento (ADISA, 1986). O decréscimo da vitamina C é atribuído à atuação, principalmente, da enzima ácido ascórbico oxidase (BUTT, 1980), que apresenta maior atividade nos frutos maduros como observado por Oliveira Neto (2002) em bananas. Na caracterização, os frutos de tamarindo apresentavam teor de vitamina C 13,18 mg/100g que decresceu para 4,54 mg/100g e 4,75 mg/100g, aos seis meses, correspondendo a perdas de 66% e 64% no armazenamento em ambiente natural CV e SV respectivamente, mostrando que, em AN, as duas embalagens apresentaram comportamento semelhante com relação à redução do teor de vitamina C dos frutos de tamarindo.

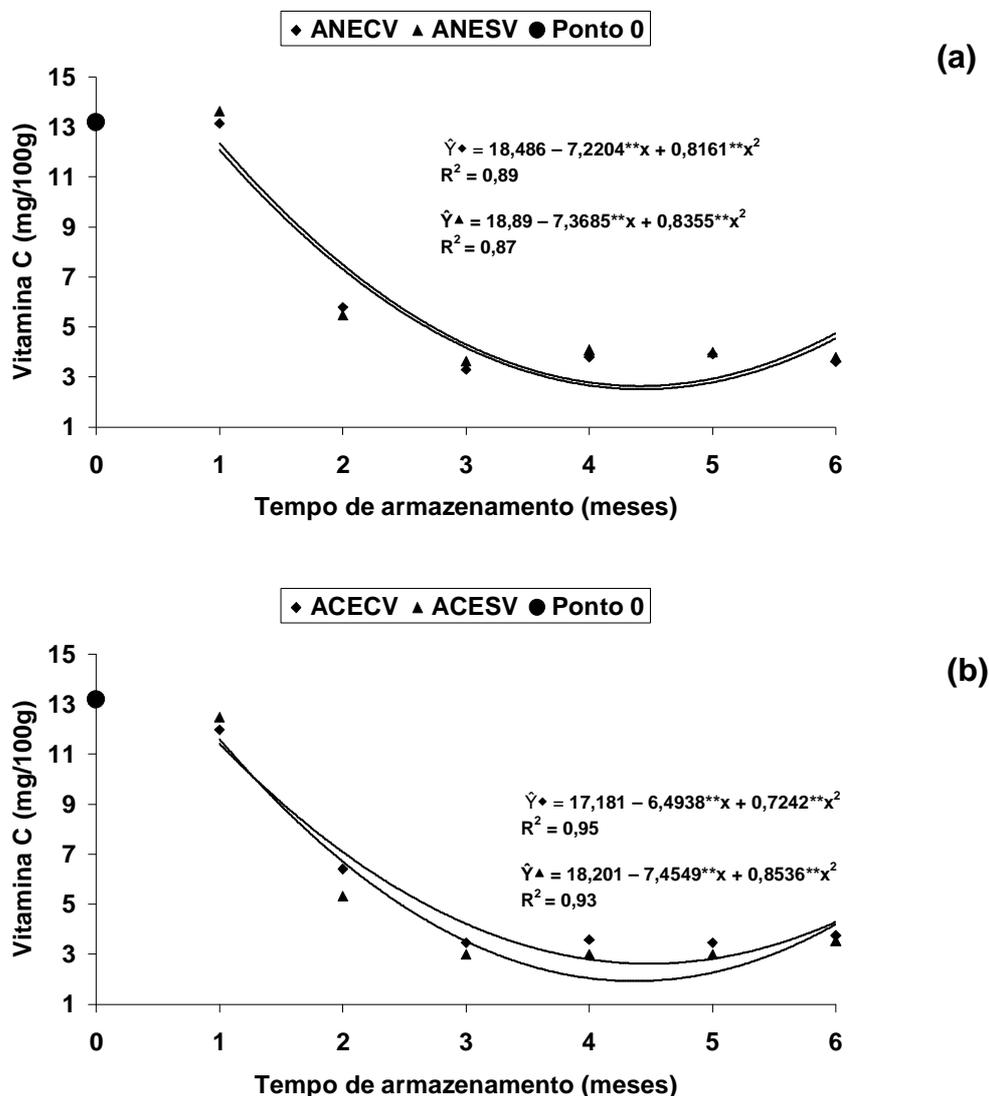


Figura 8. Vitamina C (g/100g) de frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

Na câmara, a vitamina C decresceu de 13,18 mg/100g para 4,29 mg/100g e 4,20 mg/100g no final do período de armazenamento o que correspondeu a perdas de 67% e 68% nas embalagens CV e SV respectivamente. Nos dois ambientes de armazenamento, observaram-se percentuais próximos e elevados de perdas de vitamina C dos frutos de tamarindo ao longo do armazenamento, fato que confirma os relatos de Lee e Kader (2000) de que altas temperaturas e longos períodos de estocagem aceleram a perda dessa vitamina. Entretanto, sabe-se que, além da temperatura, outros fatores interferem na estabilidade da vitamina C, como: disponibilidade de oxigênio, pH, umidade relativa e luminosidade (PRADO et al.,

1995 e UDDIN et al., 2002). A injúria pelo frio também pode acelerar a degradação da vitamina C (MARTINS, 2000), fator que pode ter contribuído para a maior redução da vitamina C nos frutos armazenados na câmara, apesar de que, visualmente, esse efeito não foi observado nesses frutos (Figura 2).

Coelho et al. (1987), determinaram perdas de 85,8% e 100%, no teor de ácido ascórbico, em polpa de tamarindo armazenada durante 150 dias em baixa temperatura (-10°C) e temperatura ambiente (28°C), respectivamente. O autor atribui essas perdas ao prolongado período de armazenamento. Por outro lado, Santos et al. (1999), exalta a excelente conservação da vitamina C em acerolas armazenadas sob congelamento, em detrimento da refrigeração. O autor conclui que, em temperaturas mais baixas, há uma paralisação completa dos processos bioquímicos dos frutos. Mas, Bernhardt et al (1979), investigando mudanças bioquímicas que ocorrem em frutos e hortaliças submetidas ao ambiente congelado, observaram que, em tais condições, a velocidade das reações químicas e enzimáticas é reduzida, mas não são totalmente inibidas.

Reduções acentuadas na vitamina C, independente do tratamento utilizado no armazenamento foram observadas em vários frutos como goiaba (JACOMINO et al., 2001 e, LIMA e DURIGAN, 2000); mangas Tommy Atkins (YAMASHITA et al., 2001); abacaxi (SELVARAJAH et al., 2001); bananas (OLIVEIRA NETO, 2002) e mangas “Palmer” (GERÔNIMO e KANESIRO, 2000).

3.1.7. Relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável (SST/ATT)

A representação gráfica para o desdobramento da interação significativa entre ambiente de armazenamento e embalagens ao longo do tempo de armazenamento está representada na Figura 9, com dados ajustados quando do uso da embalagem CV no armazenamento em ambiente natural (AN) e câmara (AC), em que se teve alta significância para os efeitos quadráticos em AN e linear em AC.

Em análise geral, observam-se para os frutos de tamarindo armazenados em câmara e acondicionados em embalagens CV, valores superiores e variações menores da relação SST/ATT, em comparação aos frutos armazenados em ambiente natural (AN). Esse comportamento reflete uma menor atividade metabólica e, conseqüentemente, uma maior eficiência na manutenção da qualidade do “flavor”, apesar de ainda não empregada esta relação (SST/ATT) como indicativo oficial para se avaliar a qualidade do tamarindo (ALVES et al., 1993) e, de não ter sido

encontrada na literatura indicação do uso dessa relação SST/ATT para o tamarindo armazenado e durante a sua maturação, mas, sabe-se que os fatores ambientais e fisiológicos interferem no metabolismo dos açúcares e ácidos e, assim, na relação SST/ATT quer durante o amadurecimento quer no armazenamento.

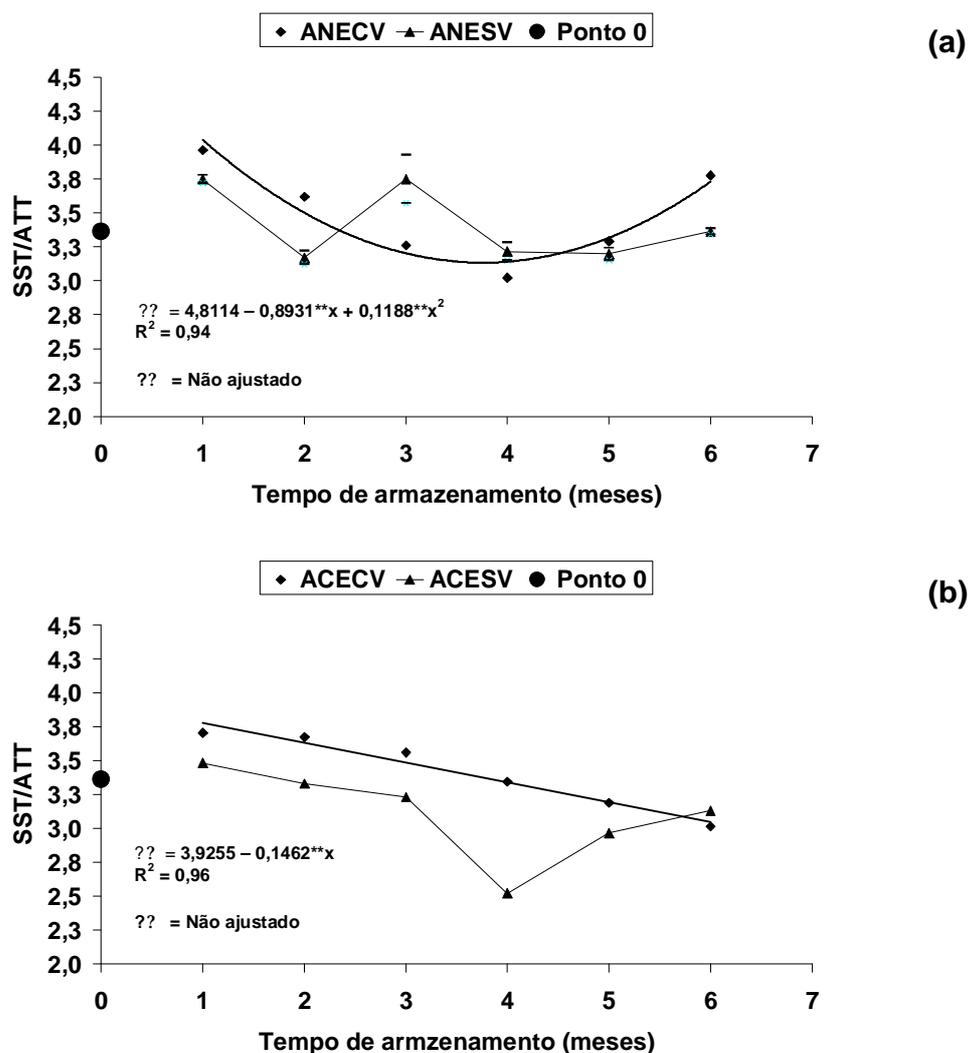


Figura 9. Relação SST/ATT de frutos de tamarindo, armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

3.2. Armazenamento de sementes de tamarindo

O resumo da análise de variância dos parâmetros avaliados durante o armazenamento das sementes, dentro dos frutos de tamarindo, encontra-se no Quadro B2 (Apêndice B).

3.2.1. Teor de água das sementes

Conforme se observa na Tabela 11, o armazenamento em câmara (AC), à exceção dos meses quatro e cinco, que estatisticamente foram iguais, manteve teor de água superior em todos os meses do armazenamento. As sementes armazenadas em ambiente natural (AN), mantiveram, em média 10,5% no teor de água enquanto na câmara o teor de água ao longo do armazenamento foi de 11%. Provavelmente, esse comportamento em ambiente natural, deve-se à elevação da umidade relativa do ar nesses dois meses (Tabela 1). Em relação ao teor de água das sementes quando armazenadas em câmara frente ao armazenamento natural deve-se, provavelmente, a higroscopicidade das mesmas, que quando em AN, permanecem em constante troca com esse, dependendo das variações do meio, especialmente temperatura e umidade relativa do ar, observações que, em parte, concordam com Cisneiros et al. (2003), ao afirmarem que as sementes, no geral, sofrem alterações no teor de água quando expostas em ambiente úmido.

Tabela 11. Valores médios do teor de água (%) das sementes de tamarindo, para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento

Ambiente de armazenamento	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Câmara	10,73 a	10,88 a	10,81 a	10,98 a	10,96 a	11,31 a
Natural	9,98 b	10,27 b	10,34 b	10,99 a	10,81 a	10,83 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dms = 0,26.

O armazenamento das sementes de tamarindo em AN e AC sofreram variações no seu teor de água ao longo do período em que permaneceram armazenadas conforme Figura 10.

Entre a caracterização do material e o primeiro mês de armazenamento, o teor de água reduziu de 11,02% para 10,25% em ambiente natural na embalagem selada a vácuo (CV) e 9,6% em ambiente natural na embalagem sem vácuo (SV),

posteriormente manteve-se em crescimento linear em ambiente natural CV e quadrática em ambiente natural SV, atingindo ao final do armazenamento, teor de água de 11,46% e 11,16% na embalagem CV e SV respectivamente. Esse comportamento indica que o tipo de filme (PEBD), utilizado na embalagem, deve ter favorecido as trocas de umidade decorrentes das variações ambientais, assim como do tempo requerido pela própria semente para a estabilização do seu grau de umidade.

O teor de água das sementes armazenadas na câmara em embalagem CV ajustou-se a um modelo quadrático, com pequena redução (1,5%) da caracterização ao terceiro mês, seguido de acréscimo de 5,2 % ao final do armazenamento.

Em uma análise geral, tem-se que, apesar das pequenas variações nos dois ambientes de armazenamentos para os dois tipos de embalagens, uma variação maior foi observada para as sementes armazenadas em ambiente natural, comportamento igualmente explicado para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento (Tabela 11), decorrente das mudanças impostas pelas condições do armazenamento. Verifica-se também que as embalagens CV e SV se mostraram eficientes para o armazenamento destas sementes, quanto à troca de umidade com o ambiente de armazenamento. Essas observações têm sido, em parte, atribuídas ao fato de que, embalagens impermeáveis e semi-permeáveis mantêm total ou maior estabilidade oferecida pelas variações do ambiente (RUPOLLO et al., 2004).

Esses resultados são concordantes aos de Catunda et al. (2003), que encontraram poucas variações no teor de água das sementes de maracujá em embalagem impermeável e armazenada em ambiente de laboratório, câmara fria (18°C e 24% UR) e refrigerador (4 °C e 60 % UR), assim como Ferreira e Gentil (2003), não encontraram diferenças no teor de água em sementes de camu-camu, armazenadas em embalagem plástica, independente do armazenamento em temperatura ambiente (média de 26,5°C), câmara (20°C) e câmara fria a 10°C.

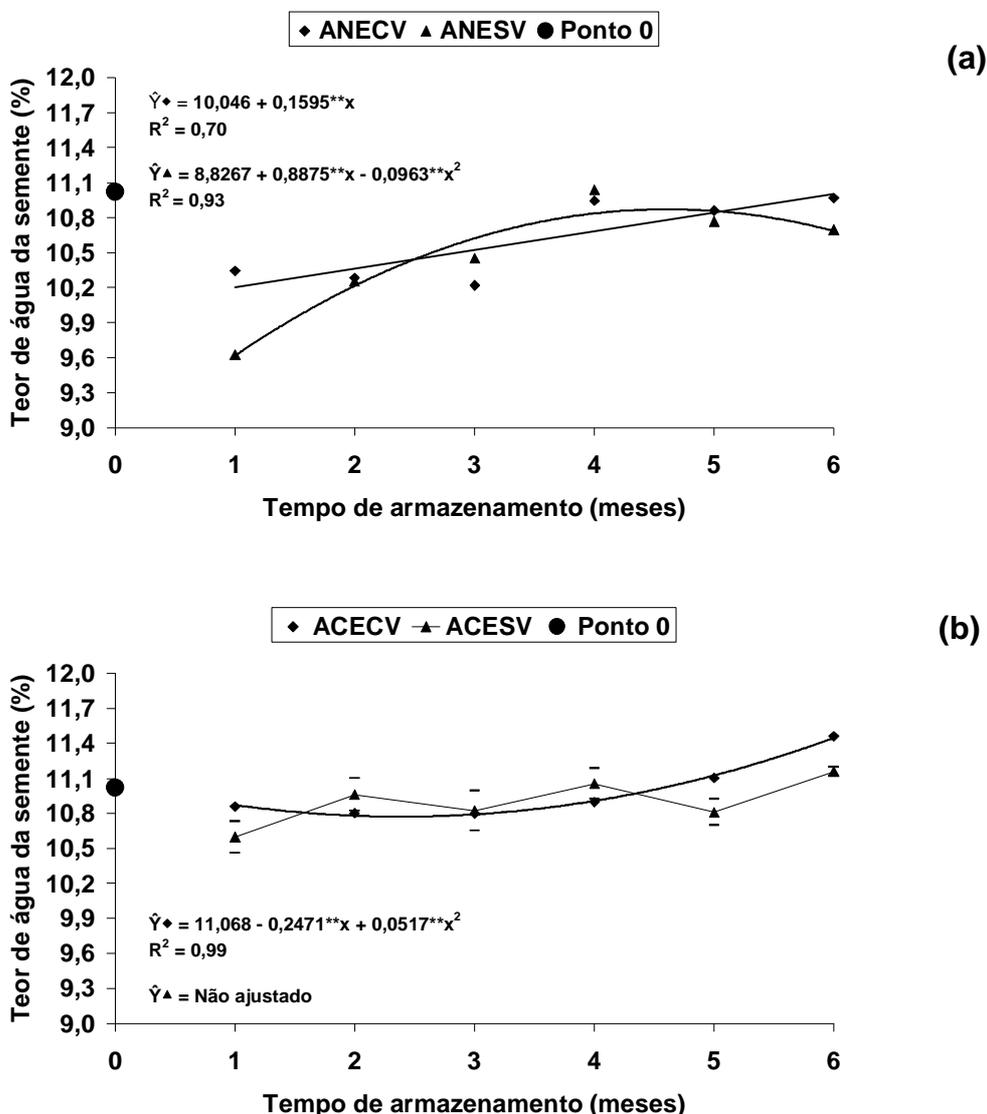


Figura 10. Teor de água (%) das sementes de tamarindo dos frutos armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

3.2.2. Germinação e vigor das sementes

Em análise à Tabela 12, verifica-se que, com exceção do quarto mês em que o comportamento das sementes mantidas em câmara (AC) foi igual aos das sementes mantidas em ambiente natural (AN) e do quinto mês em que as sementes armazenadas em AN apresentaram germinação inferior às mantidas em AC, e, em todos os demais meses, o AN conservou as sementes de tamarindo com percentual maior de germinação. Esse comportamento sugere que a germinação pode ser

usada para a escolha do armazenamento que melhor venha a manter a viabilidade das sementes. Almeida et al. (1999), afirmam que a qualidade das sementes não melhora durante o armazenamento e, por isso, ao ser armazenada, a qualidade inicial da semente é o fator fundamental na conservação da germinação e do vigor.

Tabela 12. Valores médios da germinação (%) das sementes de tamarindo, para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento

Ambiente de armazenamento	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Câmara	91,4 b	85,7 b	88,0 b	93,4 a	92,67 a	79,9 b
Natural	93,8 a	91,6 a	93,3 a	93,0 a	87,50 b	82,8 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dms = 2,46.

Em análise à Figura 11, verifica-se que a germinação ao longo do armazenamento ajustou-se a modelos quadráticos de regressão, quando as sementes foram armazenadas em AN nas embalagens com vácuo (CV) e sem vácuo (SV) e em câmara na embalagem com vácuo (CV). Conforme se observa, a germinação foi reduzida de 94% inicial para 82,9% em ambiente natural na embalagem CV, 83,2% em ambiente natural na embalagem SV e 79,6% em câmara na embalagem CV, correspondendo a decréscimos de 11,8%, 11,5 % e 15,3% na germinação, promovidos pelas condições a que foram submetidas nessa ordem, no final do período de armazenamento.

Considerando que, a função básica do armazenamento é manter a germinação das sementes no final do período o mais próximo do inicial, o emprego das embalagens CV e SV utilizadas para o acondicionamento das sementes de tamarindo em condições de AN e de AC foram satisfatórias, já que ao final do período de armazenamento a perda média de germinação foi de 12,8%. Em condição de ambiente natural com as sementes de tamarindo armazenadas fora do fruto, Martins e Marchiori (2002), constataram perda de 44% de germinação depois de 21 dias de armazenagem. Os resultados do presente trabalho indicam que o armazenamento das sementes de tamarindo dentro do fruto é mais eficiente que fora do mesmo, resultado que concorda com Almeida et al. (1998), sendo esta, provavelmente, a razão de Pereira et al. (2004) afirmarem que o armazenamento das sementes de tamarindo é realizado comumente com o fruto.

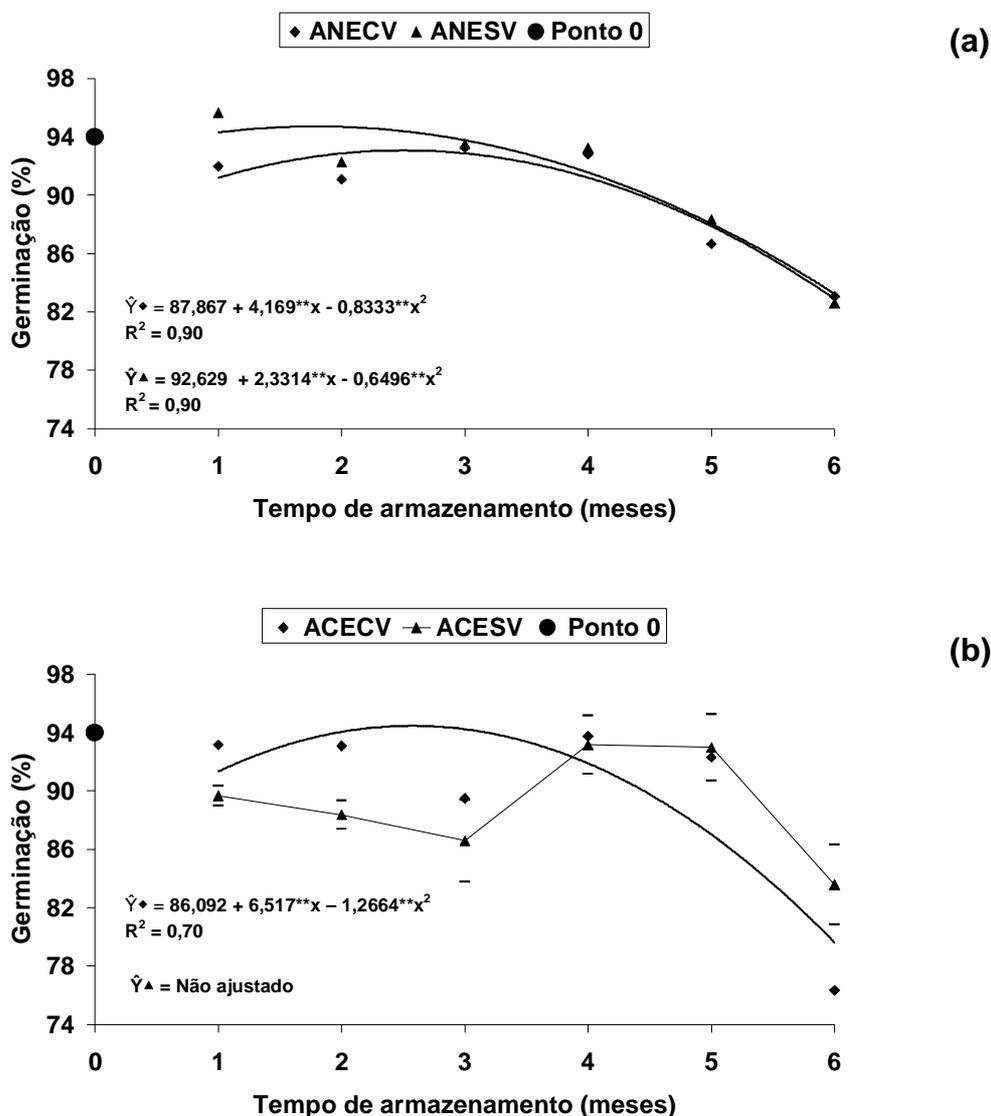


Figura 11. Germinação (%) das sementes de tamarindo dos frutos armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

Cabral et al. (2003), armazenaram sementes de *Tabebuia áurea* em câmara fria e seca (15°C e 40% UR) e, passados 120 dias não registraram influência significativa das embalagens (papel, algodão e plástico) na percentagem de germinação das sementes.

Para o comprimento aéreo da plântula (Figura 12), tem-se um comportamento similar ao de germinação ao longo do período de armazenamento independente do ambiente de armazenamento (AN e AC) e da embalagem (CV e SV), em que o

comprimento da parte aérea foi reduzido em 27,4%; 25,6%; 29,0 % e 25,6% quando as sementes se encontravam armazenadas nas condições de ambiente natural em embalagem CV e SV, câmara em embalagem CV e SV respectivamente. Observam-se maiores perdas de vigor para as sementes armazenadas em câmara na embalagem CV. A perda de vigor em sementes armazenadas revelada pela influência das embalagens e condições de armazenamento tem sido relatadas por vários pesquisadores, entre os quais Azevedo et al. (2003), estudando o gergelim e Santos et al. (2005), em feijão.

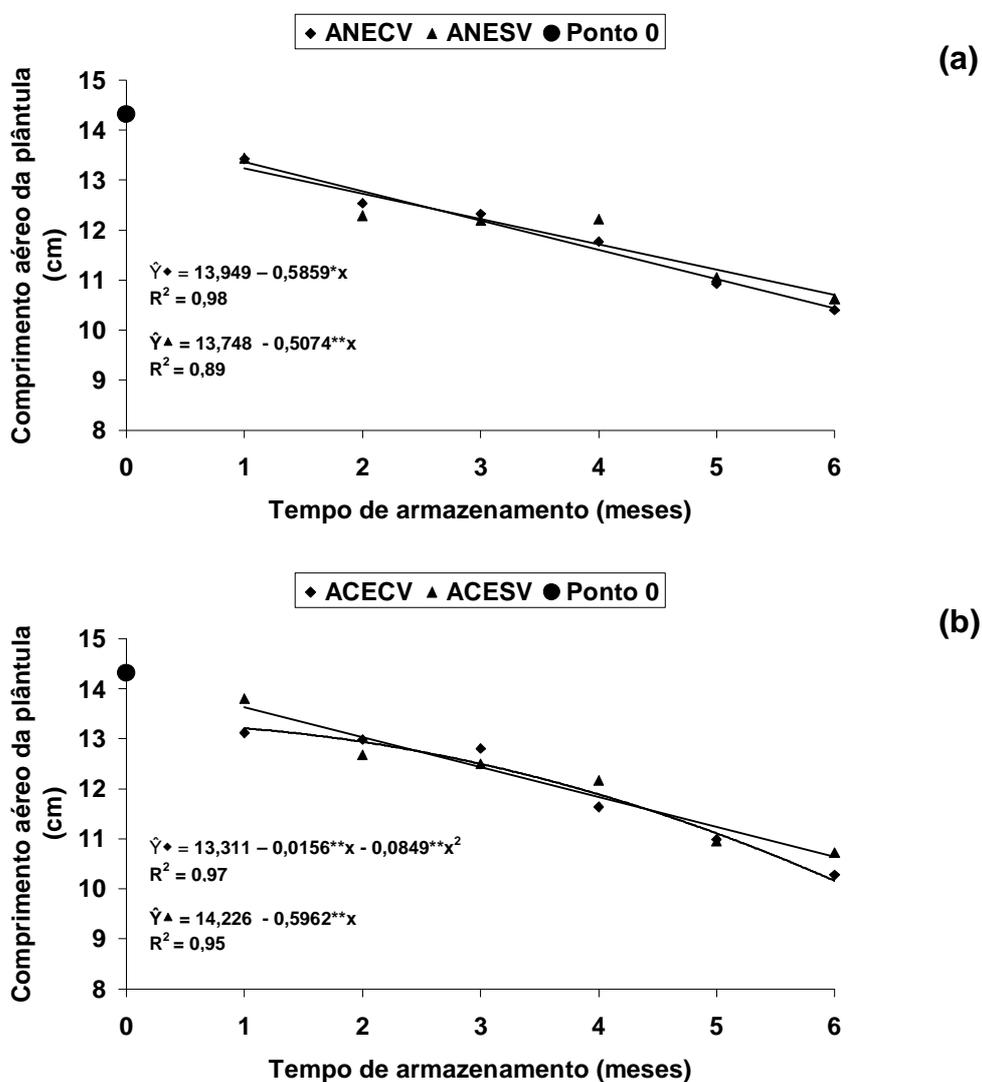


Figura 12. Comprimento aéreo da plântula (cm) das sementes de tamarindo dos frutos armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

3.2.3. Coloração das sementes

De acordo a Figura 13, verifica-se para as condições de armazenamento do tamarindo, perda de brilho e, conseqüentemente, escurecimento das sementes provocado pelo tempo em que estas permaneceram armazenadas “dentro do fruto”. Em condições de ambiente natural (AN), as embalagens CV e SV apresentaram comportamento das curvas semelhantes, com valores de L^* próximos nos dois primeiros meses. Quando da caracterização do material, o valor de L^* era de 32, passando para 28 e 27,8 depois de 30 dias de armazenamento das sementes acondicionadas nas embalagens CV e SV respectivamente. Ao final do armazenamento, os valores de L^* eram de 25,8 e 25,3, que, em pontos percentuais, corresponderam a perdas 7,8% e 8,9% no brilho das sementes respectivamente para as embalagens CV e SV. No armazenamento das sementes em câmara em embalagem CV, a perda de brilho ao longo do armazenamento foi de 18%, bem superior ao do ambiente natural e, diferentemente, do comportamento do fruto que apresentou menores variações de L^* quando armazenada em câmara (Figura 4).

Esses resultados indicam que as condições de armazenamento (AN e AC) e embalagens (CV e SV) influenciaram os valores de L^* , promovendo o escurecimento das sementes ao longo do armazenamento, com reduções mais acentuadas, quando as sementes foram armazenadas em câmara na embalagem CV.

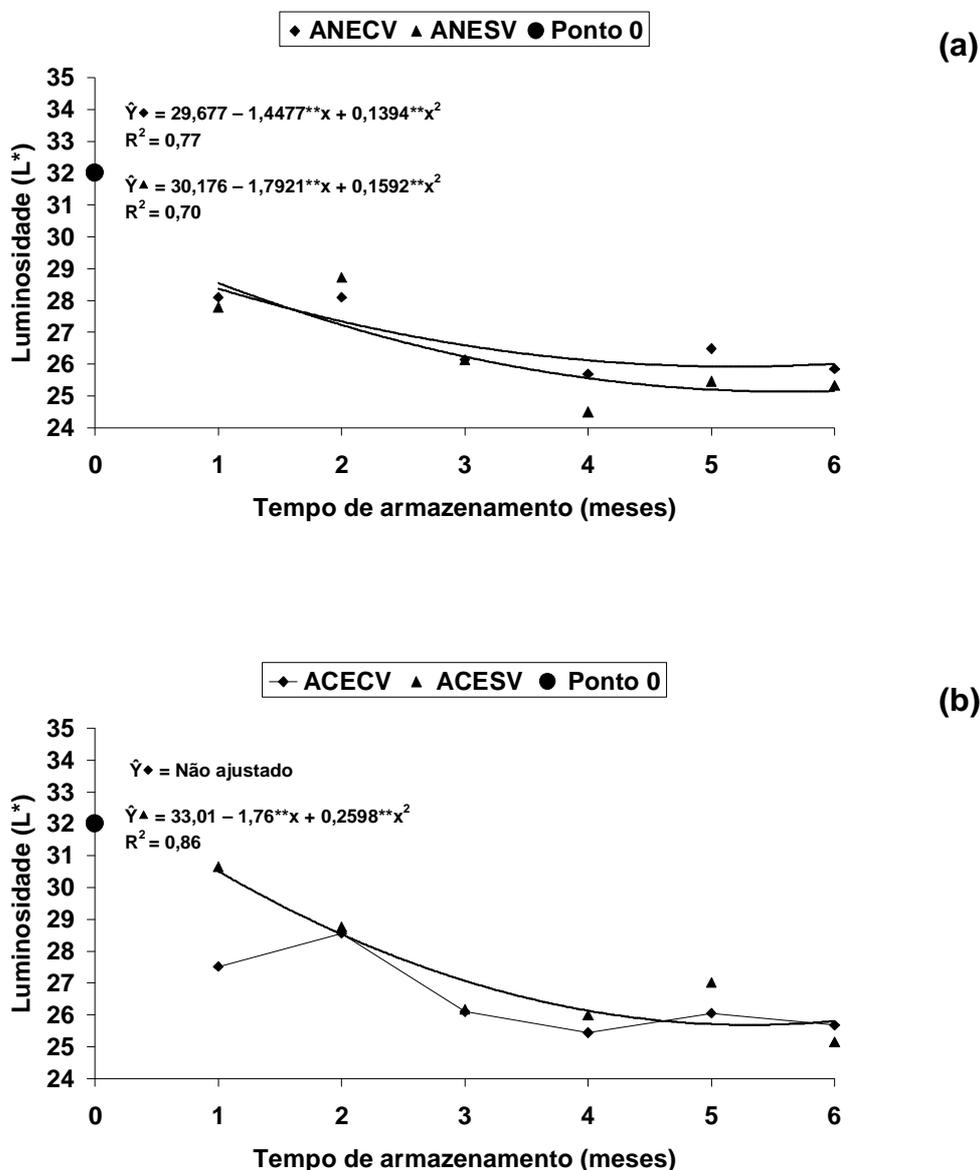


Figura 13. Luminosidade (L*) das sementes de tamarindo dos frutos armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

3.2.4. Infestação das sementes

A presença do *Sitophilus linearis* se observa desde o primeiro mês do armazenamento, indicando que este inseto-praga do tamarindo deve ter vindo do campo em fase de ovo ou larva interno e/ou externo junto com o fruto e a semente, tendo evoluído ao longo do período de armazenamento com diferenças significativas (Tabela 13) a partir do terceiro mês, momento em que, o armazenamento em

câmara (AC), passa a se mostrar mais apropriado no controle dessa praga de armazenamento do tamarindo, comportamento que pode ser atribuído à condição de controle de temperatura e umidade relativa do ar oferecidas pela câmara, os quais concorreram para a inibição do desenvolvimento da fase jovem à fase adulta do inseto. No entanto, o baixo índice de infestação quer em ambiente natural (5,05%), quer em câmara (1,22%) no final do armazenamento, deve-se provavelmente ao baixo teor de água das sementes durante o período (Tabela 3).

Tabela 13. Valores médios da Infestação (%) pelo *Sitophilus linearis* (Herbst), em sementes de tamarindo para a interação entre ambiente e tempo de armazenamento

Ambiente de armazenamento	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Câmara	0,18 a	0,48 a	0,22 b	1,09 b	0,65 b	1,22 b
Natural	1,11 a	1,49 a	2,75 a	3,45 a	4,68 a	5,05 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dms = 1,7.

Sobre o tema Sedlacke et al. (1991), observaram que o desenvolvimento e crescimento do *Sitophilus oryzae* é favorecido pelo teor de água (12 a 15%) e temperatura de 23 a 35°C, com grande redução do crescimento e desenvolvimento desse inseto, quando as sementes são submetidas a temperaturas inferiores a 23°C. Igualmente Almeida et al. (2005b) constataram baixa taxa de reprodução do *Sitophilus zeamais* em condição de baixo teor de água na massa de sementes armazenadas.

Frank et al. (1992), ao tratarem do armazenamento de trigo, observaram que o *S. oryzae* sobreviveu apenas nas sementes com teor de água de no mínimo 13,7%, quando armazenadas a 20°C. Nas sementes com 11,2%, a infestação foi considerável apenas na temperatura de 35°C, e no décimo mês de armazenamento. Além disso, a infestação das sementes que apresentavam teor de água de 13,7% foi no mínimo quatro vezes maior do que nas sementes com teor de água de 12,1%. Essas observações, assim como os do presente trabalho, indicam existir relação entre umidade das sementes e temperatura do ambiente que devem ser consideradas em estudos de desenvolvimento de insetos.

Para a interação entre embalagem e tempo de armazenamento (Tabela 14), à exceção do quinto mês em que a embalagem SV foi estatisticamente superior à CV, estas protegeram igualmente as sementes de tamarindo quanto à presença do *S. linearis*. Faroni (1997) explica que, ao se modificar a atmosfera do armazenamento, o processo respiratório das sementes cria uma atmosfera rica em dióxido de carbono e baixa em oxigênio e, conseqüentemente um ambiente não propício ao desenvolvimento dos insetos e/ou microflora de armazenamento.

Essas observações encontram apoio em estudos realizados por Almeida et al. (1998) ao constatarem que a presença de *Tribolium castaneum* em amendoim foi influenciado pela temperatura, umidade relativa do ar, período e condição da semente (dentro e fora do fruto) e, pelos de Almeida et al. (2005a) que além desses fatores, verificaram para o *Callosobruchus maculatus* presentes no feijão caupi o efeito da embalagem a que foi acondicionada as sementes.

Tabela 14. Valores médios da Infestação (%) pelo *Sitophilus linearis* (Herbst), em sementes de tamarindo para interação entre embalagem e tempo de armazenamento

Embalagem	Período de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com vácuo (CV)	0,96 a	0,81 a	1,00 a	2,85 a	1,65 b	2,68 a
Sem vácuo (SV)	0,33 a	1,15 a	1,97 a	1,70 a	3,67 a	3,59 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dms = 1,7.

A representação gráfica da interação entre o tipo de armazenamento e embalagem ao longo do período de armazenamento se encontra na Figura 14, onde não foram observados ajustes ($R^2 > 60\%$) para os modelos testados. Observa-se de uma forma geral, que em AN, a baixa infestação do *S. linearis* até o segundo mês em comparação aos demais, deve-se à elevada temperatura de armazenamento (Tabela 1) que, em média, foi de 36°C, o que possivelmente não permitiu o seu desenvolvimento e, conforme relatado por Faroni (1997), a maioria dos insetos não se desenvolve à temperatura entre 25 a 33°C. A partir desse mês, a média da temperatura baixou para 32°C, permitindo o desenvolvimento dessa praga. As variações dos percentuais de infestação são, em parte, devido às flutuações da temperatura dentro de cada mês.

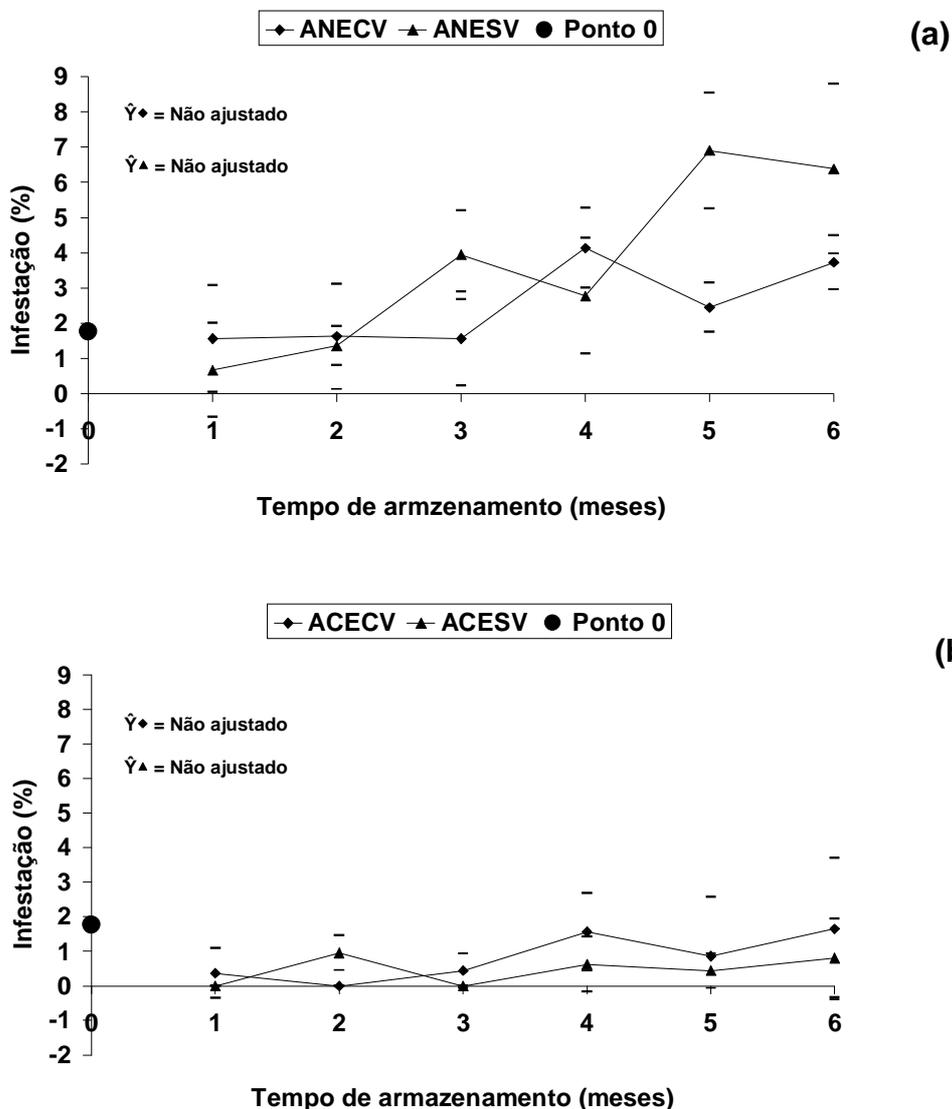


Figura 14. Infestação (%) pelo *Sitophilus linearis* (Herbst), das sementes de tamarindo dos frutos armazenados em ambiente natural (AN) (a) e ambiente câmara (AC) (b), acondicionados em embalagem de PEBD a vácuo (CV) e sem vácuo (SV).

A resistência do *S. linearis*, manifestada por sua capacidade de se reproduzir à baixa temperatura ($-10^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$) oferecida pela câmara, indica tolerância desses insetos ao frio, já que para Regitano D'arce (2005), a maioria dos insetos de armazenamento reduz grandemente, chegando alguns a paralisar sua atividade reprodutiva, quando submetidas a temperaturas inferiores à 17°C . Esse comportamento revela que o armazenamento controlado a baixa temperatura (AC) é

mais indicado no controle do *S. linearis* que o armazenamento em condições ambientais (AN) e que a embalagem SV permite um maior desenvolvimento desta praga quando as sementes são armazenadas no AN, o que se deve provavelmente, à não remoção do oxigênio quando do armazenamento das sementes nessa embalagem.

O nível de infestação não afetou a viabilidade das sementes, já que a porcentagem de germinação se manteve elevada no final das avaliações, com as sementes submetidas ao armazenamento em ambiente, apresentando percentuais de germinação superiores aos da câmara contrapondo-se à maior infestação observada nesse ambiente. A viabilidade das sementes, nesse trabalho, está mais estreitamente relacionada com a qualidade fisiológica das mesmas. Comportamento semelhante foi observado por Plazas et al. (2003) em estudos de viabilidade em sementes de trigo tratadas com fenitrotion e infestadas por *S. oryzae* (L.). Os autores observaram que apesar das porcentagens relativamente elevadas de sementes infestadas aos dois meses no tratamento com insetos, o potencial de germinação se manteve elevado.

4. CONCLUSÕES

1. A perda de água foi maior nos frutos armazenados em câmara e não afetou a vida útil dos mesmos independente do uso da embalagem de polietileno seladas ou não a vácuo;
2. A cor característica dos frutos de tamarindo foi mantida no ambiente de câmara, independente do tipo de embalagem;
3. As menores perdas nos teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH foram registradas para as embalagens a vácuo armazenadas em câmara;
4. Houve perdas de vitamina C, ao longo do período de armazenamento, independente do ambiente do armazenamento e embalagens estudadas;
5. As condições de armazenamento e tipos de embalagens mantiveram a qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento;
6. As sementes de tamarindo são menos infestadas pelo *Sitophilus linearis*, quando armazenadas em câmara;
7. Os frutos de tamarindo acondicionados em embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD), seladas ou não a vácuo e, armazenadas em ambiente de câmara, mantiveram melhor a qualidade do fruto.

CAPÍTULO 3

**SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA PARA OBTENÇÃO
DO TAMARINDO EM PÓ**

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país privilegiado por sua diversidade de clima e solo, garantindo uma produção de frutas bastante diversificada, sendo um dos principais produtores e exportadores de várias espécies frutíferas nativas e exóticas ainda não aproveitadas em todo o seu potencial (CÁCERES, 2003). Entretanto, fatores como sazonalidade, técnicas inadequadas de colheita e pós-colheita, contribuem com perdas estimadas em 50% de sua produção (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os frutos tropicais como tamarindo, abacaxi, maracujá, manga, cajá, goiaba e graviola, têm uma especial preferência na dieta dos consumidores (CÁCERES, 2003). Devido ao seu valor nutritivo e à grande variedade de aromas e sabores, esses frutos, aliados a uma tendência cada vez maior de se consumir alimentos industrializados muito próximos do alimento *in natura*, têm contribuído para o aumento do consumo de polpa de frutas tropicais, sucos e produtos derivados destes.

Dentre as técnicas empregadas para a manutenção da qualidade pós-colheita de frutas, a desidratação, além de ser utilizada como método de conservação, impedindo a deterioração e perdas do valor comercial, resulta ainda em uma transformação do produto, agregando valor e dando origem a uma nova opção no mercado.

Atualmente, os produtos alimentícios em pó são cada vez mais utilizados pela indústria nacional de alimentos, uma vez que eles reduzem significativamente os custos de certas operações como embalagens, transporte, armazenamento e conservação que elevam o valor comercial do produto (COSTA et al., 2003).

A secagem em camada de espuma é um processo no qual alimentos líquidos são batidos até formarem espumas estáveis e então são desidratados. Esse tipo de secagem consiste basicamente de três etapas: produção do suco ou polpa em forma de uma espuma estável, pela adição de aditivos, secagem do material em uma camada fina de espuma até desidratação final, desintegração da massa seca em escamas e, por fim, em pó (UBOLBI, 1971; TRAVAGLINI et al., 2001). Este processo mantém alta qualidade dos produtos, oferecendo grandes possibilidades comerciais, sendo aplicadas em: café, sucos de laranja, grapefruit, uva, carambola, abacaxi, umbu-cajá, coco, batatas, alimento para crianças, leites, purês, ameixa, maçã, sopas, cremes, ovos, tomate e outros produtos instantâneos (UBOLBI, 1971,

SOARES et al., 2001, VERNON-CARTER et al. 2001, SANKAT e CASTAIGNE, 2004, SILVA et al., 2005).

A água é um dos principais componentes dos alimentos. Mesmo em produtos desidratados, onde ocorre em baixas proporções, é um dos mais importantes, influenciando bastante sobre o período de armazenamento. A umidade de um alimento é expressa pelo valor obtido da água total contido nele. Entretanto esse valor não fornece indicações de como a água está distribuída, bem como não permite saber se toda ela está ligada da mesma maneira. Desta forma, o conhecimento da distribuição da água no alimento é mais importante que simplesmente o conhecimento da umidade.

A atividade de água (a_w) é uma medida da quantidade de moléculas de água livres ou ativas, geralmente obtida em relação à pressão de vapor da água pura. (FERREIRA e PENA, 2003). A importância da determinação dessa medida em alimentos reside no fato de que, por meio dela, podem ser previstas reações químicas, enzimáticas e desenvolvimento de microorganismos, ademais, pode-se também, propor sistemas adequados de embalagens para um produto.

Uma maneira de se conhecer o comportamento higroscópico dos produtos alimentícios em pó é através das isotermas de sorção. A atividade de água, descrita pela isoterma de sorção, pode ser definida como o nível para o qual a água é limitada, sendo esta função de dada temperatura e pressão (PARK et al., 2001). A isoterma é uma relação de equilíbrio que vincula o conteúdo de água de um produto com a temperatura e umidade relativa do ar circundante, sendo essencial no estudo de alimentos desidratados para estabelecer condições ideais de conservação, transformação e dimensionamento dos equipamentos de secagem e transporte.

Alguns modelos matemáticos têm sido propostos para estimar valores de umidade de equilíbrio de vários produtos em função da umidade e também da temperatura do ar. Dentre as diversas equações utilizadas para expressar a atividade de água dos produtos agrícolas, mais especificamente de frutas, em função da temperatura e umidade relativa, as mais comuns, por sua relativa precisão e generalidade são as equações de GAB, BET, Oswin, Smith e Halsey (ALMEIDA et al., 2004).

Em função do exposto e, por falta de estudos dessa linha de pesquisa para o tamarindo, objetivou-se com este trabalho avaliar a temperatura a ser recomendada na secagem da polpa do tamarindo, para a produção do extrato em e estudar o

equilíbrio higroscópico através das curvas de adsorção de umidade e, como específicos:

1. Estudar a cinética de secagem da polpa do tamarindo nas temperaturas de 50 a 80°C, empregando-se o processo de secagem em camada de espuma (foam-mat);
2. Avaliar o efeito da secagem sobre a cor, vitamina C, pH, sólidos solúveis totais e acidez total titulável no extrato em pó do tamarindo;
3. Estabelecer as isotermas de adsorção de umidade para o extrato em pó do tamarindo nas temperaturas de 20 a 50 °C.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de realização do experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola em conjunto com o Laboratório de Secagem e Processos Químicos do Departamento de Engenharia Química do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

2.2. Matéria-prima

Utilizou-se como matéria-prima a polpa de tamarindo congelada, produzida e comercializada na Escola Agrotécnica Federal de Sousa (EAFS). Após aquisição, as mesmas foram transportadas para o Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas e, em seguida, armazenadas em freezer a -22°C , até o momento de serem utilizadas na desidratação.

2.3. Desidratação

A desidratação deu-se pelo processo de secagem em camada de espuma (Foam-mat), depois de estabelecida, experimentalmente, a quantidade (5%) do composto protéico à base de albumina (Advanced Nutrition) utilizada como dispersante e promotor de espuma, obtida por homogeneização deste com a polpa em agitador doméstico até a espuma alcançar densidade média entre 0,45 e 0,50 g/cm^3 . Em seguida, esta formulação foi colocada em placas de Petri (10 cm de diâmetro) até a altura de aproximadamente 0,5 cm, sendo posteriormente estas (placas + amostras) foram submetidas à desidratação em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C . A quantificação da perda de água em função do tempo de secagem deu-se por pesagens descontínuas do conjunto (placas + amostras) até peso constante e em triplicata.

Em seguida, o produto desidratado, com consistência leve e esponjosa, foi retirado das placas de Petri e triturado/homogeneizado em processador doméstico para finalmente obter o produto pulverizado, que foi acondicionado dentro de embalagens de polietileno de baixa densidade, as quais foram postas em um recipiente contendo sílica gel para posterior análises laboratoriais.

2.4. Análises físicas, físico-químicas e químicas

A polpa, a polpa formulada e o extrato em pó de tamarindo, obtido pelo processo de secagem em camada de espuma nas temperaturas estudadas foram submetidas às seguintes determinações:

a) Avaliação objetiva da cor: determinada por colorimetria, utilizando colorímetro Minolta, modelo CR-300, que forneceram os valores de:

- luminosidade (L^*), que varia do branco (100) ao preto (0);
- a^* definido como a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$)
- b^* representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

Utilizando-se dos valores de a^* e b^* , foi calculado o valor da tonalidade da cor ou Matiz = $\arctan(b^*/a^*)$.

b) Sólidos solúveis totais (SST, °Brix): realizada através de leitura direta em refratômetro manual (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);

c) Acidez total titulável (ATT, % de ácido tartárico): determinado por titulometria com solução de hidróxido de sódio 0,1N (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

d) Vitamina C (mg/100g): determinada por titulometria com 2,6 diclorofenolindofenol a 0,1%, padronizada com ácido ascórbico segundo a AOAC (1984), modificada por Benassi e Antunes (1998).

e) pH: medido em potenciômetro com eletrodo de membrana de vidro calibrado com soluções de pH 4,0 e 7,0 (AOAC, 1984).

2.5. Delineamento experimental

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições por determinação. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey.

2.6. Curvas de secagem

As curvas de secagem foram obtidas, seguindo a metodologia descrita no item 2.3 calculando-se a umidade perdida durante a secagem por pesagens

descontínuas das amostras em intervalos de 5, 10, 30 e 60 minutos até o final do processo de secagem, que foi interrompido, quando a variação da massa das amostras se tornaram insignificantes.

2.6.1. Modelos matemáticos

Para o ajuste matemático das curvas de secagem da polpa de tamarindo, foram utilizadas os modelos de Page (1) (ZHANG e LITCHFIELD, 1991), Henderson e Pabis (2) (HENDERSON e PABIS, 1961) e Midilli e Kucuk (3) (MIDILLI et al., 2002), ajustados por regressão não lineares mediante o programa computacional STATISTICA, versão 7.0 (2004).

Page

$$R_u = \exp(-kt^n) \quad (1)$$

em que:

R_u = razão de umidade

k = constante de secagem (min^{-1})

t = tempo (min)

n = constante da equação

Henderson e Pabis

$$R_u = a \exp(-kt) \quad (2)$$

em que:

R_u = razão de umidade

a = constante da equação

t = tempo (min)

k = constante de secagem (min^{-1})

Midilli e Kucuk

$$Ru = a \exp(-kt^n) + bt \quad (3)$$

em que:

R_u = razão de umidade

a, n e b = constante da equação

t = tempo (min)

k = constante de secagem (min^{-1})

Os critérios empregados na determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o Desvio Quadrático Médio (DQM) (DOYMAZ, 2005), calculado pela equação 4 onde, quanto menor o valor de DQM, melhor o ajuste da equação.

$$\text{DQM} = \sqrt{\frac{\sum (R_{u_{\text{PRE}}} - R_{u_{\text{EXP}}})^2}{N}} \quad (4)$$

em que:

$R_{u_{\text{PRE}}}$ = razão de umidade predita pela equação

$R_{u_{\text{EXP}}}$ = razão de umidade experimental

N = número de observações realizadas

2.7. Isotermas de adsorção de umidade

Para levantamento dos dados das isotermas de adsorção de umidade do extrato em pó de tamarindo desidratado à 70°C, foi utilizado o equipamento Termoconstanter Novasina TH200. Este instrumento é projetado para a medida da atividade de água com a temperatura controlada.

As isotermas de adsorção foram determinadas utilizando-se o método estático-indireto, baseado no estudo efetuado por Capriste e Rotstein (1982). Inicialmente, amostras de 1g do extrato em pó foram colocadas dentro das células, que acompanham o aparelho, e após serem pesadas, foram submetidas a um ambiente saturado (dessecador com água destilada) para o processo de adsorção de água. Em intervalos regulares, as células, contendo as amostras, eram levadas

ao equipamento Thermoconstater Novasina TH200 para a determinação da atividade da água das mesmas, através do sensor enBSK NOVASINA, utilizado-se as temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C. As amostras ficavam no equipamento até que a leitura da atividade de água se estabilizasse, para então, serem retiradas e pesadas em uma balança analítica. Depois de pesadas, estas retornavam para o ambiente saturado onde permaneciam, em média, por trinta minutos, para em seguida se fazer uma nova leitura. A sucessão dessas leituras indicou os pontos de curva da isoterma de adsorção do extrato em pó do tamarindo para uma dada temperatura. Posteriormente à determinação desses pontos, as amostras eram levadas a uma estufa, sem circulação de ar, a 70 °C por 24 horas para determinação da massa seca.

2.7.1. Umidade de equilíbrio

As umidades de equilíbrio foram calculadas pelo emprego da equação abaixo:

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} \quad (5)$$

em que:

X_e = umidade de equilíbrio em base seca

m_e = massa da amostra quando atingido o equilíbrio (g)

m_s = massa seca da amostra (g)

2.7.2. Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos GAB (6) e Oswin (7) (LABUZA et al, 1958), Peleg (8) (PELEG, 1993), Halsey (9) (HALSEY, 1948), e Smith (10) (LABUZA et al, 1958), foram ajustados aos dados experimentais por meio de regressões não-lineares, mediante o programa computacional STATISTICA, versão 7.0 (2004).

GAB

$$X_e = \frac{x_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)} \quad (6)$$

em que:

a_w = atividade de água

X_e = umidade de equilíbrio

X_m = umidade na monocamada molecular

C e K = parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto

Oswin

$$X_e = a \left(\frac{a_w}{(1-a_w)} \right)^b \quad (7)$$

em que:

a_w = atividade de água

a e b = parâmetros de ajuste do modelo

X_e = umidade de equilíbrio.

Peleg

$$X_e = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2} \quad (8)$$

em que:

X_e = umidade de equilíbrio

K_1 e K_2 = constantes da equação

a_w = atividade de água

n_1 e n_2 = constantes da equação

Halsey

$$X_e = \left(\frac{-a}{\ln(a_w)} \right)^{1/b} \quad (9)$$

Em que:

a_w = atividade de água;

X_e = umidade de equilíbrio;

a e b = parâmetros de ajuste do modelo.

Smith:

$$X_e = ((a-b) - c) \ln(1-a_w) \quad (10)$$

Em que:

X_e = umidade de equilíbrio;

a_w = atividade de água;

a, b e c = parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto.

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 12.

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{e_{\text{exp}}} - X_{e_{\text{teor}}})|}{X_{e_{\text{exp}}}} \quad (11)$$

em que:

$X_{e_{\text{exp}}}$ = valores obtidos experimentalmente

$X_{e_{\text{teor}}}$ = valores preditos pelo modelo

N = número de dados experimentais

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Cinética de secagem

A representação gráfica de cinética de secagem da polpa de tamarindo para as temperaturas estudadas, na forma de adimensional de umidade em função do tempo pode ser apreciada na Figura 1, em que se observa perda de umidade na medida em que avança o tempo de secagem, para todas as temperaturas estudadas, com redução maior para as temperaturas mais elevadas.

Vernon-Carter et al. (2001) e Sankat e Castaigne (2004) estudando o processo de secagem em camada de espuma para tamarindo e banana respectivamente, observaram este mesmo comportamento.

De acordo com as curvas da Figura 1, tem-se perda de umidade mais rápida no início do processo e tempo de estabilização em função da temperatura: 4,3h para a temperatura de 50°C e de 2,5h para a secagem a 80°C; a secagem a 60°C deu-se depois de passado 3,4h e para 70°C após 3,0h. Este comportamento revela que o tempo necessário para retirar a água contida na polpa do tamarindo, empregando-se a temperatura de 50°C, é 1,7 vezes maior do que o tempo requerido para temperatura de 80°C.

Mediante esses resultados, verifica-se que a temperatura foi o principal fator atuante no processo de secagem empregado na retirada da água contida na polpa do tamarindo, cujos resultados encontram respaldo por vários pesquisadores que consideram a temperatura do ar de secagem como o parâmetro que exerce maior influência na secagem dos alimentos, entre eles, Gouveia et al (2002) e Farias et al. (2002) em secagem de caju e cajá, respectivamente.

A secagem da polpa de tamarindo ocorre no período de taxa decrescente, mostrando que a difusão é provavelmente o mecanismo físico que governa o movimento da umidade através da estrutura da amostra, ou seja, a velocidade da secagem é controlada pela velocidade de difusão do líquido através do sólido, não apresentando um período de taxa constante definido, comportamento observado na maioria dos produtos biológicos (BROD, 2003)

A ausência do período de secagem à taxa constante pode ter ocorrido por causa da natureza da umidade, pois mesmo havendo umidade superficial livre, a água pode estar na forma de suspensão de células e de solução (açúcares e outras moléculas), apresentando uma pressão de vapor abaixo da pressão de vapor da

água pura, fato também observado em estudos de secagem de goiabas (ARAÚJO, 2001), berinjela (ERTEKIN e YALDIZ, 2004), gengibre (GOUVEIA et al., 1999) e caju (MOURA, 2001).

Nos Quadros C1, C2, C3 e C4 (Apêndice C), encontram-se os valores experimentais da cinética de secagem para as temperaturas de 50, 60 e 70 e 80°C.

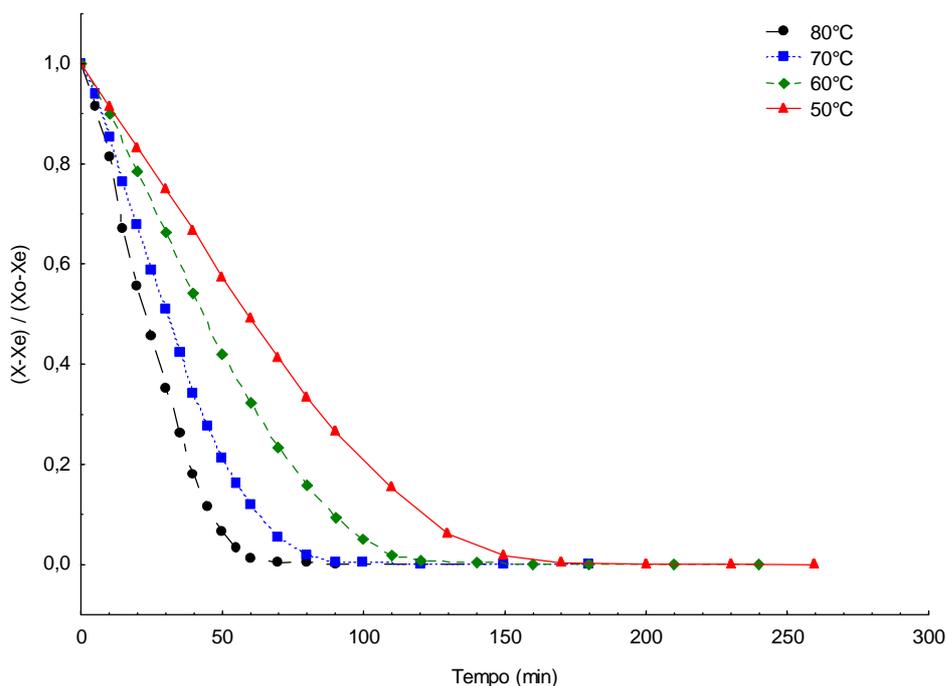


Figura 1. Curvas de secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Na Tabela 1, têm-se os valores dos parâmetros dos modelos de Page, Henderson e Pabis, Midilli e Kucuk ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem da polpa de tamarindo, os coeficientes de determinação (R^2), e os desvios quadráticos médio (DQM) para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, e sua representação gráfica se encontra nas Figuras de 2 a 4.

Tabela 1. Parâmetros de ajuste dos modelos das curvas de cinética de secagem da polpa de tamarindo, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médio (DQM)

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro				
		K	N	R^2 (%)	DQM	
Page	50	0,001623	1,4976	99,65	0,020233	
	60	0,001973	1,5642	99,79	0,015471	
	70	0,003787	1,55383	99,85	0,013012	
	80	0,005172	1,5775	99,81	0,014643	
Henderson & Pabis		K	A	R^2 (%)	DQM	
	50	0,015127	1,0908	97,21	0,057755	
	60	0,021559	1,1036	97,06	0,057901	
	70	0,030157	1,1086	97,36	0,055113	
	80	0,041119	1,1100	96,99	0,058792	
Midilli e Kucuk		K	A	N	R^2 (%)	DQM
	50	0,001140	0,9688	-0,000062	99,78	0,016117
	60	0,001527	0,9763	-0,000036	99,84	0,013303
	70	0,003065	0,9798	-0,000049	99,89	0,010642
	80	0,004369	0,9817	-0,000058	99,85	0,013171

Em análise a essa tabela e figuras, verifica-se que, dos modelos testados, o de Midilli e Kucuk com três parâmetros, apresentou os maiores valores de R^2 (> 99,78%) e menores DQM para todas as temperaturas seguido do modelo de Page que superou o de Henderson e Pabis. O melhor ajuste para o modelo Midilli e Kucuk ocorreu na temperatura de 70°C ($R^2 = 99,89$ (%) e DQM=0,010) e o pior ajuste a 50°C ($R^2 = 99,78$ % e DQM=0,016). Observa-se também que os valores de K (min^{-1}) aumentaram com o aumento da temperatura. A equação de Page dois parâmetros, apresentou R^2 superiores e DQM inferiores ao modelo de Henderson e Pabis, apresentando também um bom ajuste aos dados de secagem. A superioridade do modelo de Midilli e Kucuk em relação ao de Page, pode ser explicado pela maior quantidade de parâmetros da equação. Todos os modelos apresentaram valores de R^2 superiores a 95%, podendo ser utilizado na estimativa das curvas de secagem da polpa de tamarindo. No entanto, o modelo de Midilli e Kucuk é o que melhor

representa o processo de secagem do tamarindo, por apresentar o menor desvio quadrático médio (DQM).

Ertekin e Yaldiz (2003), testaram vários modelos para representar as curvas de secagem da berinjela nas temperaturas de 30, 40, 50, 60 e 70°C, e determinaram que o modelo de Midilli e Kucuk foi o que melhor ajustou os dados experimentais.

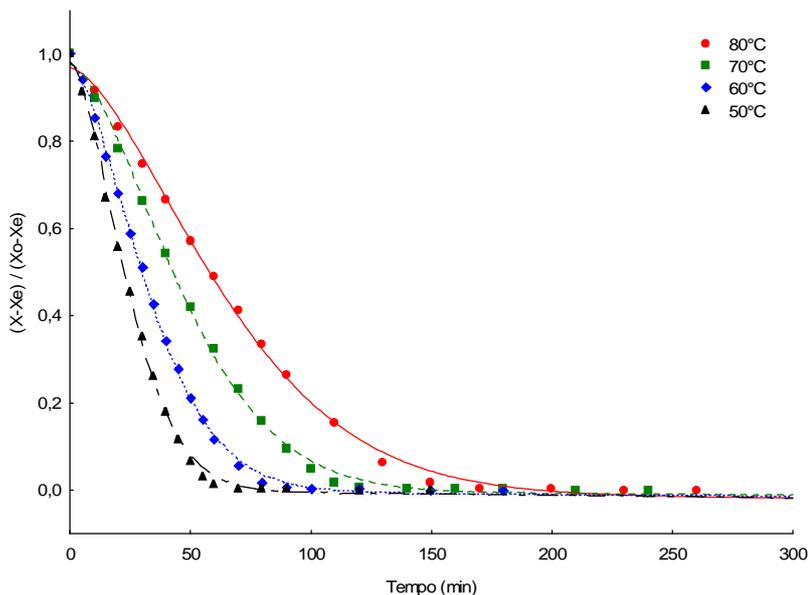


Figura 2. Curvas de secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, com ajuste pelo modelo de Midilli e Kucuk

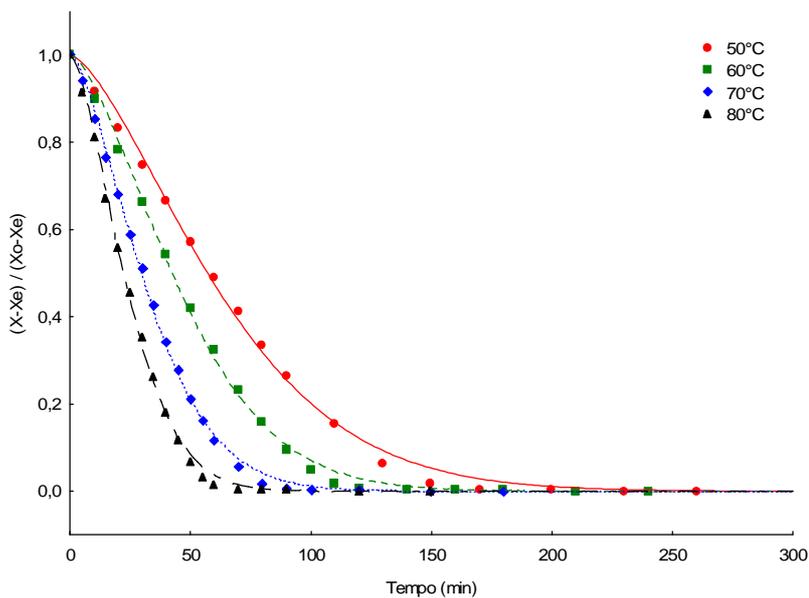


Figura 3. Curvas de secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, com ajuste pelo modelo de Page

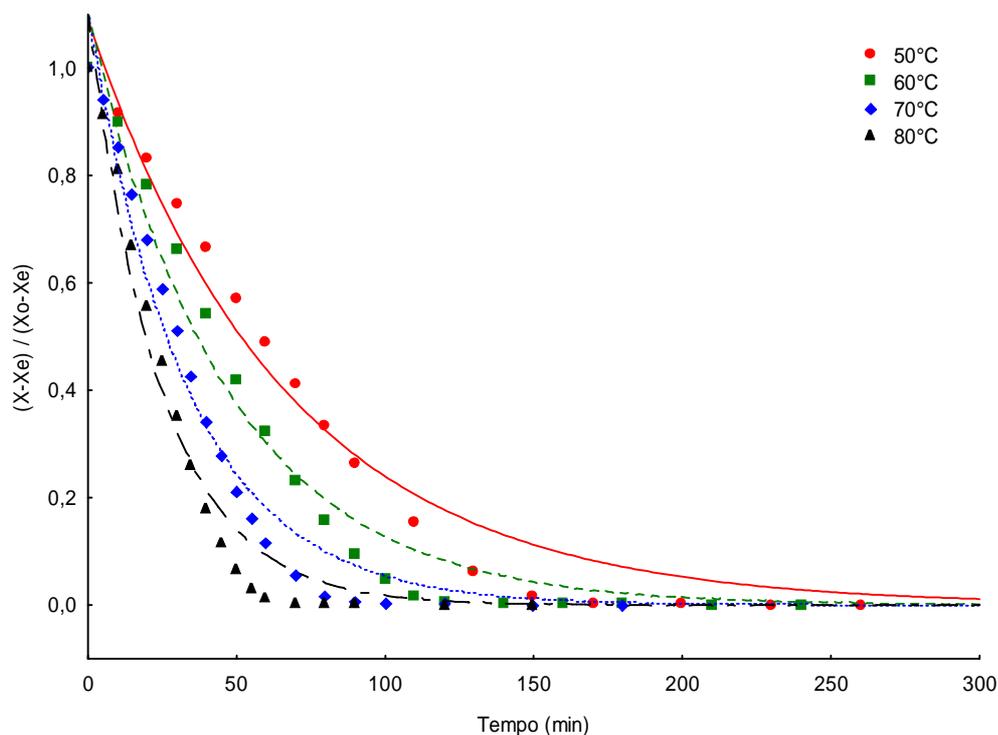


Figura 4. Curvas de secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, com ajuste pelo modelo de Henderson e Pabis

3.2. Análises físicas, físico-químicas e químicas

A análise de variância (Apêndice C, Quadros C5 a C10) revelou efeito significativo para os valores médios da vitamina C, cor (luminosidade, L^*), cor (matiz), acidez total titulável (ATT, % de ácido tartárico), pH, e sólidos solúveis totais (TSST, °Brix) na secagem da polpa de tamarindo pelo processo de secagem em camada de espuma, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C.

Em análise à Figura 5, observa-se igualdade estatística entre os valores médios da polpa e polpa formula utilizada no processo de secagem. Especificamente para as temperaturas estudadas, a tendência é de maior concentração de vitamina C para a secagem a temperaturas maiores, conforme constatado para a temperatura de 80°C que, isoladamente, concentrou maior quantidade de vitamina C, porém sem diferir estatisticamente da temperatura de 60°C que foi igual à de 70°C.

O valor da vitamina C obtido com a polpa de tamarindo (3,68 mg/100g) é superior (2,5 mg/100g) ao determinado por Coelho et al. (1987) na mesma condição de processamento desse trabalho. Esses valores distintos justificam-se pela sensibilidade do ácido ascórbico aos fatores do cultivo (solo e clima), tipo botânico, ambiente de produção e estágio de maturação do fruto durante a colheita (ALVES et

al., 1993). Verifica-se também que a forma de processamento não afetou totalmente a degradação da vitamina C, como ocorreu com polpa de morango, onde Moura et al. (2001), tiveram perda total da vitamina C durante o processamento da polpa, antes mesmo do armazenamento.

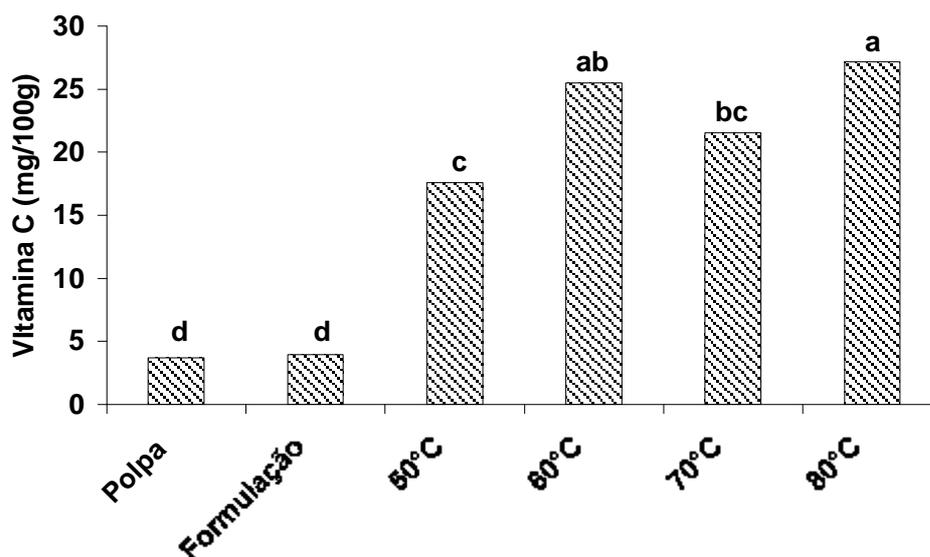


Figura 5. Valores médios da vitamina C (mg/100g), para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

A vitamina C é, provavelmente, a mais sensível de todas as vitaminas contidas nos alimentos, sendo rapidamente destruída durante a desidratação a altas temperaturas (ALVES, 2003, JINESCU et al., 2004). Esse teor mais elevado da vitamina C, em valores médios, na temperatura de 80°C, provavelmente ocorreu pela inativação das enzimas oxidativas as temperaturas estudadas, favorecendo a retenção da vitamina C, conforme também observado por Maharaj e Sankat (1996) em secagem de folhas de inhame. Romero-Pena (2003) encontrou um bom índice de preservação do ácido ascórbico durante a secagem de fatias de tomate, mesmo em ensaios conduzidos a temperatura mais elevada (100°C) em curto período de tempo (30 minutos).

O menor valor da vitamina C na temperatura de 50°C deve-se, provavelmente, ao maior tempo de exposição do produto à secagem e maiores atividades de água verificada nessa temperatura que aceleraram a degradação da vitamina C, fato também observado por Erenturk et al. (2004) em secagem de *Rosa*

canina L. Silva et al. (2004), em secagem de camu-camu, determinou maior perda de vitamina C na temperatura de 60°C (34%), em relação á de 70°C (25%). A estabilidade da vitamina C não só depende das condições de secagem, mas também do conteúdo de umidade do produto (GABAS et al., 2003).

Com relação ao comportamento da luminosidade (L^*) (Figura 6), verificamos que a polpa apresenta menor valor de L^* (26,88), estatisticamente mais escura que a formulação (37,9), e mais clara que os extratos em pó do tamarindo. O maior valor de L^* para a formulação, deve-se ao efeito da adição da albumina na polpa de tamarindo. Observa-se um escurecimento do extrato em pó de tamarindo nas demais temperaturas em relação à formulação, sem diferenças significativas entre 50, 70 e 80°C. A Luminosidade (L^*) do extrato seco do tamarindo obtido com o uso dessas temperaturas foi a que mais se aproximou da cor original da polpa de tamarindo.

O menor efeito no escurecimento, em relação às outras temperaturas de secagem para obtenção do extrato seco do tamarindo, foi obtido na temperatura de 60°C, concordando com os resultados de Koyuncu et al. (2003), que, em estudo de desidratação de *Rosa canina* L., verificaram que a temperatura de 60°C teve menor efeito no escurecimento que as temperaturas de 30, 40 e 50°C, sendo inferior apenas para o fruto fresco.

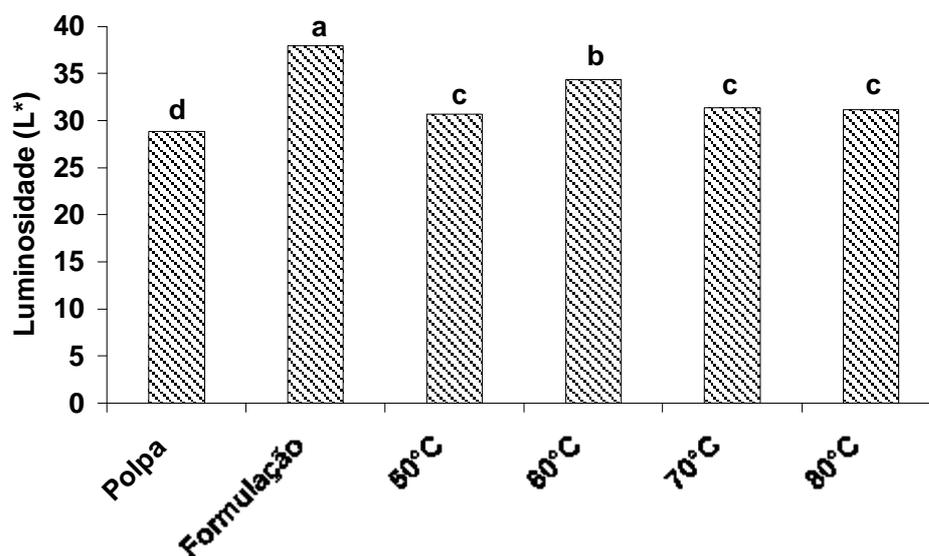


Figura 6. Valores médios da Luminosidade(L^*), para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Decréscimo no parâmetro L^* implica no escurecimento da amostra que, possivelmente, pode estar relacionado com a degradação do ácido ascórbico que é responsável pela formação de pigmentos (MISHKIN et al. 1984) ou escurecimento não-enzimático que ocorre intensamente na presença de açúcares (SOUSA et al., 2003), e, como observado na Figura 8, a temperatura de 60 °C, apresenta os menores valores de SST, justificando seu menor escurecimento em relação às demais temperaturas, como verificado por Lima et al. (2004), em desidratação osmótica de melão e Sousa et al. (2003), em secagem de goiaba com pré-tratamento osmótico.

Considerando a tonalidade da cor revelada através da matiz (Figura 7), observa-se que esses valores variaram de 67,7° (60°C) a 75,02° (80°C), o que corresponde a uma tonalidade do marrom escuro para marrom claro. Não foram observadas diferenças de tonalidade entre a polpa e a temperatura de 50°C e 60°C, bem como entre a formulação e a temperatura de 50°C.

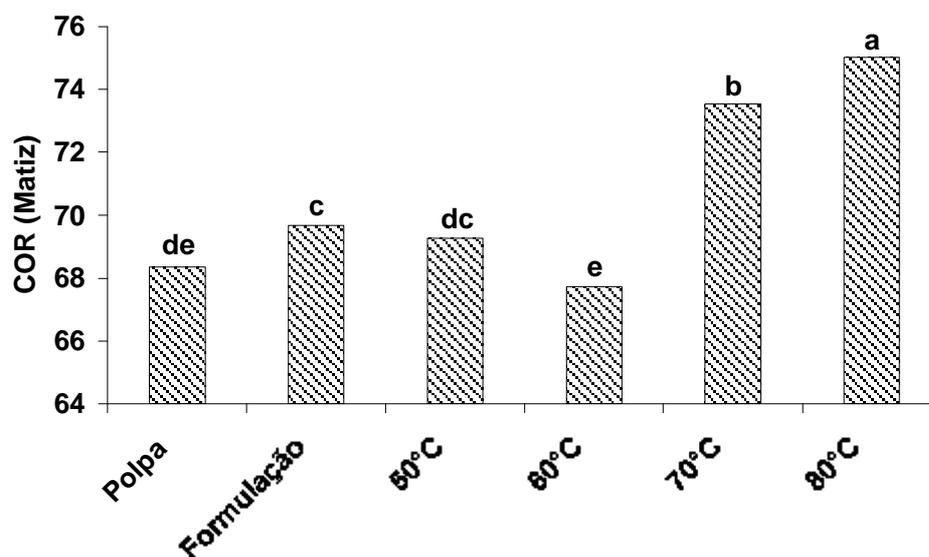


Figura 7. Valores médios da cor (Matiz), para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Os sólidos solúveis totais (Figura 8) foram afetados estatisticamente por todos os tratamentos, apresentando a temperatura de 50°C o maior valor (71,21°Brix), seguido das de 80, 70 e 60°C, formulação e polpa. A inferioridade dos SST na polpa e formulação em relação às demais temperaturas, em que a polpa foi desidratada

pelo processo de secagem em camada de espuma é explicada, pela concentração dos sólidos decorrente da retirada da água nas amostras.

O valor dos SST encontrado no presente trabalho para a polpa *in natura* (15,02°Brix) é inferior ao relatado por Cáceres (2003) para tamarindo (19,5°Brix), já, a superioridade dos SST na formulação frente à polpa deveu-se provavelmente, à alteração química decorrente da adição da albumina no produto. O aumento dos SST com a secagem, especialmente, na temperatura a 50°C (71,21°Brix) é de 4,8 vezes ao da polpa *in natura*, está de acordo com os obtidos por Soares et al. (2001) em que este superou em 10 vezes o do produto *in natura* depois da desidratação da polpa de acerola pelo processo de secagem em camada de espuma com o uso de Emustab na formulação.

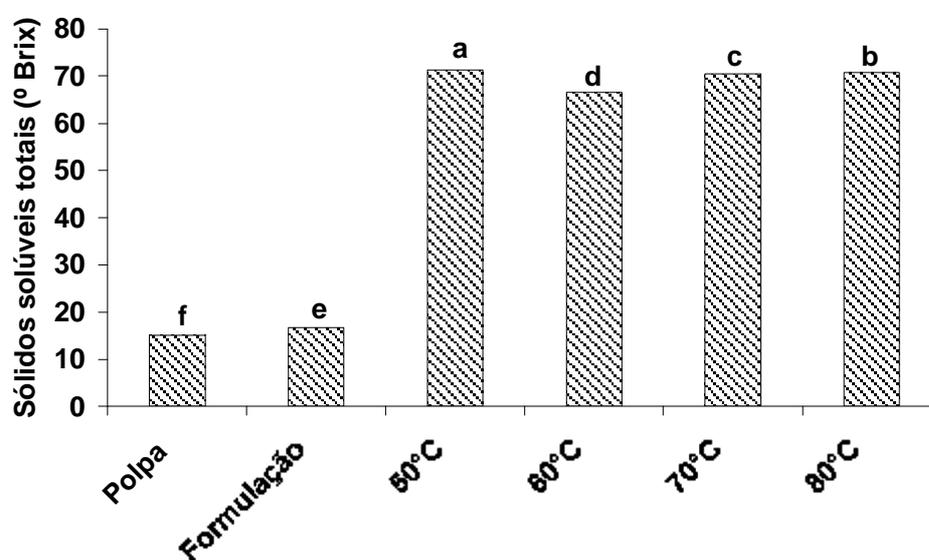


Figura 8. Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix), para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

O pH (Figura 9) comportou-se distintamente para com os tratamentos, porém, sem diferenças quando do uso das temperaturas em que a polpa foi desidratada. Este comportamento indica que o uso da albumina mudou a composição química do produto. Conforme se observa, o pH da polpa *in natura* foi menor e diferente estatisticamente do pH da formulação onde ambos apresentaram valores menores do que os submetidos às temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C. O valor do pH da polpa

(2,66) é inferior (3,45) ao determinado por Coelho et al. (1987), ficando próximo (2,38) do obtido por Cáceres (2003) para a polpa do tamarindo. Com relação às temperaturas, Soares et al. (2001) trabalharam com acerola e constataram o efeito da temperatura (70°C) na elevação dos valores do pH do extrato em pó, em relação à polpa *in natura* desidratada pelo processo de secagem de espuma usando Emustab na formulação.

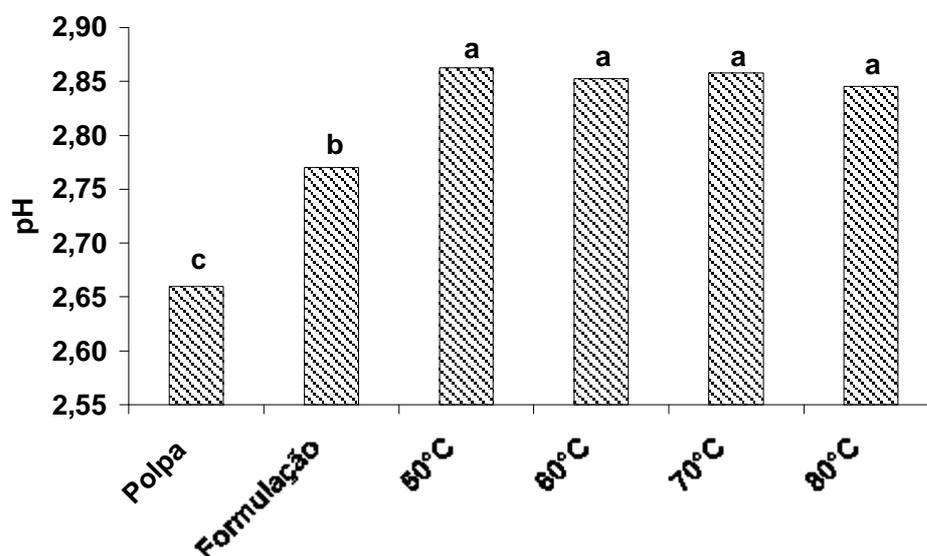


Figura 9. Valores médios do pH, para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Em análise a Figura 10, tem-se o mesmo comportamento do ponto de vista da estatística para a polpa e a formulação que apresentaram valores de ATT inferiores aos dos extratos em pó do tamarindo nas demais temperaturas de secagem com execução de 50°C que apresentou menor concentração da ATT(10,67% de ácido tartárico), não havendo efeito das temperaturas de 60, 70 e 80°C na ATT do extrato em pó do tamarindo.

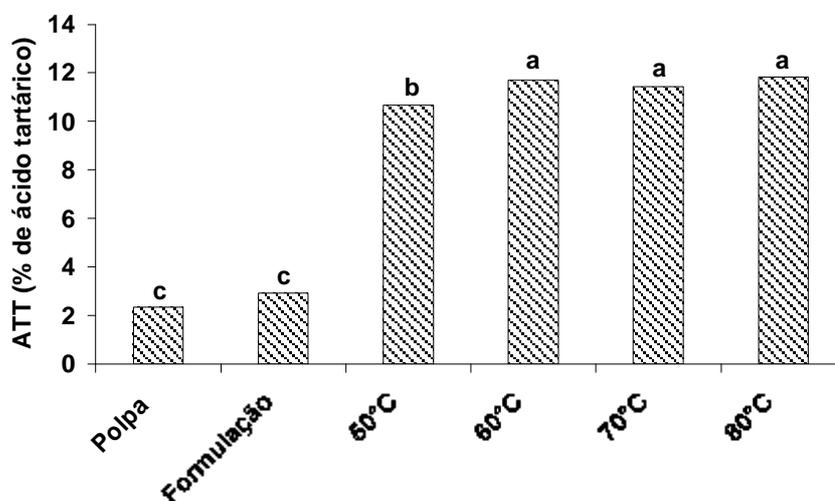


Figura 10. Valores médios da acidez total titulável (ATT % de ácido tartárico), para a polpa, formulação e extrato em pó do tamarindo desidratado nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

A acidez total titulável da polpa do tamarindo (3,24% de ácido tartárico) está bem próxima (3,50%) do determinado por Coelho et al. (1987) e superior (0,19%) ao encontrado por Cáceres (2003) para polpa de tamarindo processada nas mesmas condições desse estudo. Observa-se que a ATT do extrato em pó de tamarindo foi, aproximadamente, três vezes superior ao da polpa, o que vem garantir o sabor ácido característico do fruto, quando o pó for reconstituído ou utilizado como suplemento alimentar, constituindo-se também em fator desfavorável ao crescimento microbiano. Diferentemente, Manjunath et al. (1991), encontraram redução na ATT entre a polpa (13,0%) e o extrato em pó do tamarindo (9,9%), fato que, por falta de referência dos autores, deve-se, provavelmente, a processo de secagem diferente do utilizado nesse trabalho.

3.3. Isotermas de adsorção de umidade

Os resultados experimentais da umidade de equilíbrio para adsorção do extrato em pó de tamarindo com suas respectivas atividades de água a diferentes temperaturas estão apresentados na Tabela 2.

Para as diferentes atividades de água (A_w) na mesma temperatura, os valores de umidade de equilíbrio (U_{eq}) aumentam e estas diminuem com o incremento da temperatura. Este comportamento torna evidente a similaridade da adsorção de

água pelo extrato em pó do tamarindo com a maioria dos produtos biológicos e, especificamente, com os resultados de Pena et al. (2000), para o extrato em pó do guaraná, Lahsasni et al. (2002), com a casca da pêra e Telis-Romero et al. (2005), estudando curvas de adsorção para a polpa de manga.

Tabela 2. Valores experimentais de umidade de equilíbrio (U_{eq} , bs) para adsorção do extrato em pó do tamarindo em função da atividade de água (A_w) para as temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C

Temperatura (° C)							
20		30		40		50	
U_{eq}	A_w	U_{eq}	A_w	U_{eq}	A_w	U_{eq}	A_w
0,06	0,310	0,05	0,389	0,05	0,389	0,04	0,378
0,08	0,431	0,07	0,425	0,06	0,425	0,05	0,416
0,11	0,483	0,10	0,488	0,09	0,488	0,08	0,486
0,15	0,575	0,14	0,577	0,13	0,577	0,12	0,576
0,22	0,691	0,21	0,695	0,20	0,695	0,19	0,700
0,28	0,776	0,27	0,770	0,25	0,770	0,23	0,752
0,39	0,844	0,37	0,840	0,35	0,840	0,31	0,822
0,52	0,872	0,51	0,875	0,41	0,875	0,38	0,869

Na Figura 11 encontram-se os dados das isotermas de adsorção do extrato em pó do tamarindo nas temperaturas de 20, 30, 40, e 50°C. Mediante o comportamento das curvas, observa-se que as umidades de equilíbrio diminuem com o aumento da temperatura, descrevendo comportamento típico de isoterma tipo III, descrito por Brunauer (1938) como representativa de alimentos ricos em componentes solúveis. Estas observações comungam com as referenciadas por Lahsasni et al. (2002) e Ferreira e Pena (2003) para a casca da pêra e a farinha de pupunha respectivamente.

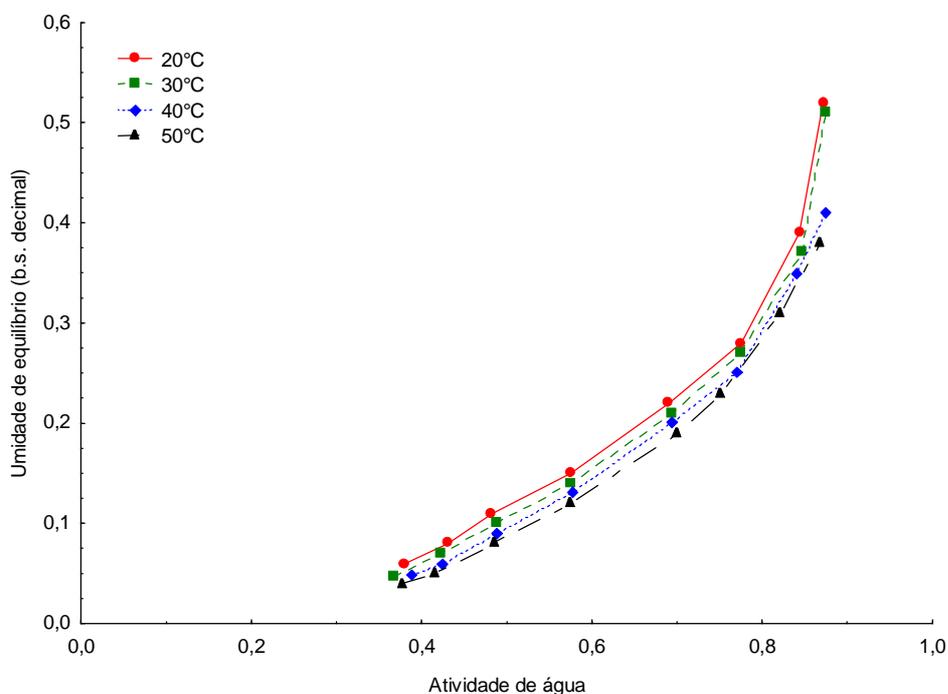


Figura 11. Isotermas de adsorção de umidade do extrato em pó do tamarindo, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C

Na Tabela 3, encontram-se os valores dos parâmetros estimados, obtidos por regressão não linear dos modelos de Peleg, GAB, Oswin, Halsey e Smith utilizados na modelagem das isotermas de adsorção do extrato em pó do tamarindo, nas temperaturas de 20 a 50°C, bem como os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios médios relativos (P).

Tabela 3. Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção do extrato em pó de tamarindo, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para as temperaturas de 20, 30, 40 e 5 °C

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros				R^2 (%)	P (%)
		k_1	n_1	k_2	n_2		
Peleg	20	0,4687	2,0625	12,8676	31,7285	99,967	2,08
	30	0,4755	2,2661	14,7825	42,5483	99,978	1,93
	40	0,6077	14,7825	0,4437	2,2740	99,891	3,00
	50	-1,7938	2,8335	2,3405	2,8336	99,442	6,69
GAB	Temperatura (°C)	X_m	c	K	R^2 (%)	P (%)	
	20	0,0733	3,0432	0,9885	99,492	9,20	
GAB	30	0,0716	2,3906	0,9875	99,306	10,80	
	40	0,2797	0,3741	0,7879	99,861	5,86	
	50	0,7475	0,0135	0,6885	99,893	6,42	
	Halsey	Temperatura (°C)	A	B	R^2 (%)	P (%)	
20		0,0666	1,0607	99,727	10,26		
Halsey	30	0,0649	1,0320	99,619	13,11		
	40	0,0511	1,1319	99,496	16,50		
	50	0,0516	1,0929	99,315	20,73		
	Smith	Temperatura (°C)	A	B	R^2 (%)	P (%)	
20		-0,0758	0,2643	99,255	8,95		
Smith	30	-0,0808	0,2581	99,186	10,15		
	40	-0,0642	0,2244	99,933	2,56		
	50	-0,0667	0,2174	99,975	2,37		
	Oswin	Temperatura (°C)	A	B	R^2 (%)	P (%)	
20		0,1074	0,8020	99,748	8,29		
Oswin	30	0,0984	0,8262	99,661	9,99		
	40	0,0976	0,7547	99,748	12,37		
	50	0,0906	0,7800	99,601	9,08		

Em análise aos dados contidos na Tabela 3, observa-se que a equação de Peleg foi a que apresentou maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e menor desvio médio relativo (P), para todas as temperaturas estudadas, sendo, portanto, o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais entre as equações de três parâmetros. Este resultado se assemelha ao verificado por Silva et al. (2004), em que esse modelo ajustou melhor os dados experimentais das isotermas de adsorção do camu-camu. O melhor ajuste da equação de Peleg ocorreu na temperatura de 30°C, conforme se observa pelo maior valor do coeficiente de determinação ($R^2=99,98\%$) e menor desvio médio relativo (1,93%). O menor ajuste deu-se para a temperatura de 50°C.

Observa-se ainda na Tabela 3, que, à exceção da temperatura de 30°C, a equação de GAB também se mostrou adequada para descrever as isotermas de adsorção do extrato em pó do tamarindo, uma vez que os coeficientes de determinação ficaram acima de 99% e os desvios médios inferiores a 10% com melhor ajuste para a temperatura de 40°C. Estes resultados, em parte são concordantes com os de Pena et al. (2000), em que o melhor ajuste para adsorção do extrato em pó de guaraná, deu-se para a equação de GAB a 35°C. Conforme Lomauro et al. (1985) a equação de GAB representa com maior precisão as isotermas de sorção para frutos, hortaliças e carnes, quando comparadas com as equações de dois parâmetros, sendo assim, é amplamente utilizada por pesquisadores para descrever as isotermas de diversos produtos agrícolas como constatado por Gabas (1998), em dessorção de Uva Itália, Kechaou e Maaley (1999), em dessorção de banana, Pena et al (2000), em isoterma de adsorção do extrato em pó de guaraná e Galdino (2003), para isoterma de adsorção do extrato em pó de umbu, desidratado pelo processo de secagem em camada de espuma.

Os valores da umidade na monocamada (X_m) do modelo de GAB para temperaturas de 20, 40 e 50°C, aumentam com o aumento da temperatura conforme observado por Lahsasni et al. (2002), em ajuste da isoterma de adsorção da casca de pêra, Ferreira e Pena (2003), na determinação de isotermas de adsorção da farinha de pupunha nas temperaturas de 15 e 35 °C. Segundo Mishira et al. (1996) a umidade na monocamada determina o teor de umidade para uma armazenagem segura, na qual o material tem estabilidade máxima.

Comparando-se o modelo de Peleg com o de GAB, verifica-se, ainda, que os valores de R^2 são, em média, maiores no modelo de Peleg, cujos ajustes também

resultaram nos menores valores de P, estimando melhor o comportamento das isotermas em relação ao modelo de GAB. Peleg propôs esse modelo com quatro parâmetros para ajuste de dados de isotermas de sorção apresentados em literatura, obtendo ajustes comparáveis ou melhores que os resultantes da aplicação do modelo de GAB para valores de atividade de água inferiores a 0,9 (GOUVEIA, 1999). PARK et al. (2001) constataram que o modelo de Peleg apresentou o melhor ajuste para avaliação de isotermas de sorção da pêra desidratada nas temperaturas de 40 e 60°C.

Com relação aos modelos de dois parâmetros testados nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C, verifica-se que o modelo de Halsey, apesar de apresentar coeficiente de determinação (R^2) acima de 99%, os desvios médios relativos (P) foram maiores que 10% em todas as temperaturas testadas; logo não representando com precisão o comportamento para adsorção do extrato em pó do tamarindo. A equação de Smith não se ajustou aos dados experimentais na temperatura de 30°C tendo seu melhor ajuste revelado pelo menor valor de P e maior R^2 na temperatura de 50°C, seguido da temperatura de 40°C que apresentou coeficiente de determinação de 99,9% e desvio médio relativo de 2,56%. Observa-se que, nesta s temperaturas (40 e 50°C), a equação de GAB também foi melhor ajustada, porém P superiores aos de Smith, apesar do maior número de parâmetros da equação. Entretanto, segundo Boquet et al. (1978), a utilidade de um modelo dependerá dos objetivos que se queira determinar ao produto. A temperatura de 30°C foi a que apresentou o menor ajuste na equação de Smith, contrariando os resultados de Gomes et al. (2002), que encontrou melhor ajuste dessa equação para representar a isoterma de adsorção do extrato em pó de acerola à 30°C.

O modelo de Oswin não se ajustou bem aos dados experimentais na temperatura de 40°C, apresentando valor de P superior a 10% nas demais temperaturas e bem próximos do limite de 10%, inferiores aos valores encontrados na equação de dois parâmetros de Halsey, estando próximos dos reportados por Pena et al. (2000), para o extrato em pó de guaraná nas temperaturas de 15, 25 e 35°C.

Na Figura 12 são apresentadas as isotermas de adsorção de umidade para o extrato em pó do tamarindo nas temperaturas 20, 30, 40 e 50°C, ajustadas pelo modelo de Peleg.

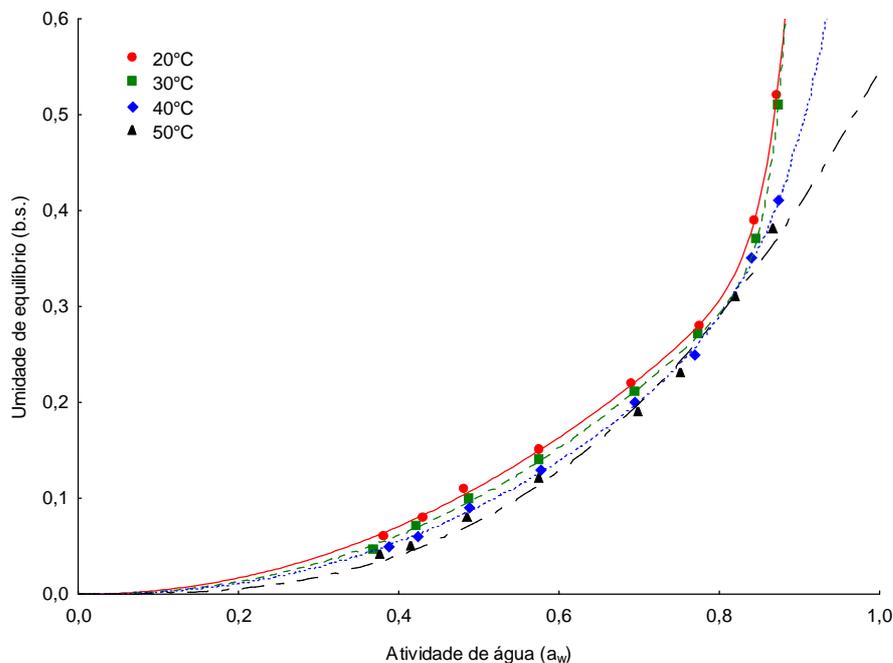


Figura 12. Isotermas de adsorção de umidade do extrato em pó do tamarindo, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C, ajustadas pelo modelo de Peleg

Em análise a essa figura, observa-se diminuição da umidade de equilíbrio com o aumento da temperatura. Esse efeito inverso da elevação da temperatura sobre a umidade de equilíbrio foi documentado por Borges e Cal-Vidal (1994) e Telis-Romero et al. (2005). Iglésias e Chirife (1976) atribuem este comportamento às perdas de sítios de adsorção com o aumento da temperatura. Verifica-se que a taxa de adsorção é mais alta no início do processo diminuindo à medida que se aproxima da umidade de equilíbrio, comportamento confirmado por Borges e Cal-Vidal (1994), em estudos de taxa de absorção de água em flocos de manga e banana. A isoterma de adsorção do extrato em pó do tamarindo pode ser dividida em três regiões. Para valores de atividade de água (a_w) menores que 0,70, o efeito da temperatura é o esperado pela teoria de absorção, ou seja, a quantidade de água adsorvida aumenta a uma dada umidade relativa com decréscimo da temperatura. Para valores de a_w entre 0,70 e 0,85 a uma aproximação das curvas de 30, 40 e 50 °C, com inversão na curva de 40°C, efeito que pode ser explicado pela dissolução dos açúcares do extrato em pó do tamarindo, que aumenta significativamente quando a temperatura também aumenta (GABAS, 1998, ALMEIDA et al., 2004, TELIS-ROMERO et al., 2005). Esse efeito não foi observado na temperatura de 20°C. Para a_w acima de 0,85, as curvas retornam ao comportamento da primeira região, mas com tendência

da curva de 30°C interceptar a de 20°C e ser constatado um grande aumento no teor de água, podendo ser consequência também da presença de substâncias sólidas e da alta porosidade do substrato conforme observado por Costa et al. (2003) em curvas de adsorção de pós de abóbora e cenoura.

Observando a distribuição dos valores residuais da equação de Peleg, representado na Figura 13, verifica-se que todas as temperaturas estudadas apresentam comportamento aleatório, sugerindo que a equação de Peleg pode representar satisfatoriamente a umidade de equilíbrio para a polpa de tamarindo em pó em função da temperatura.

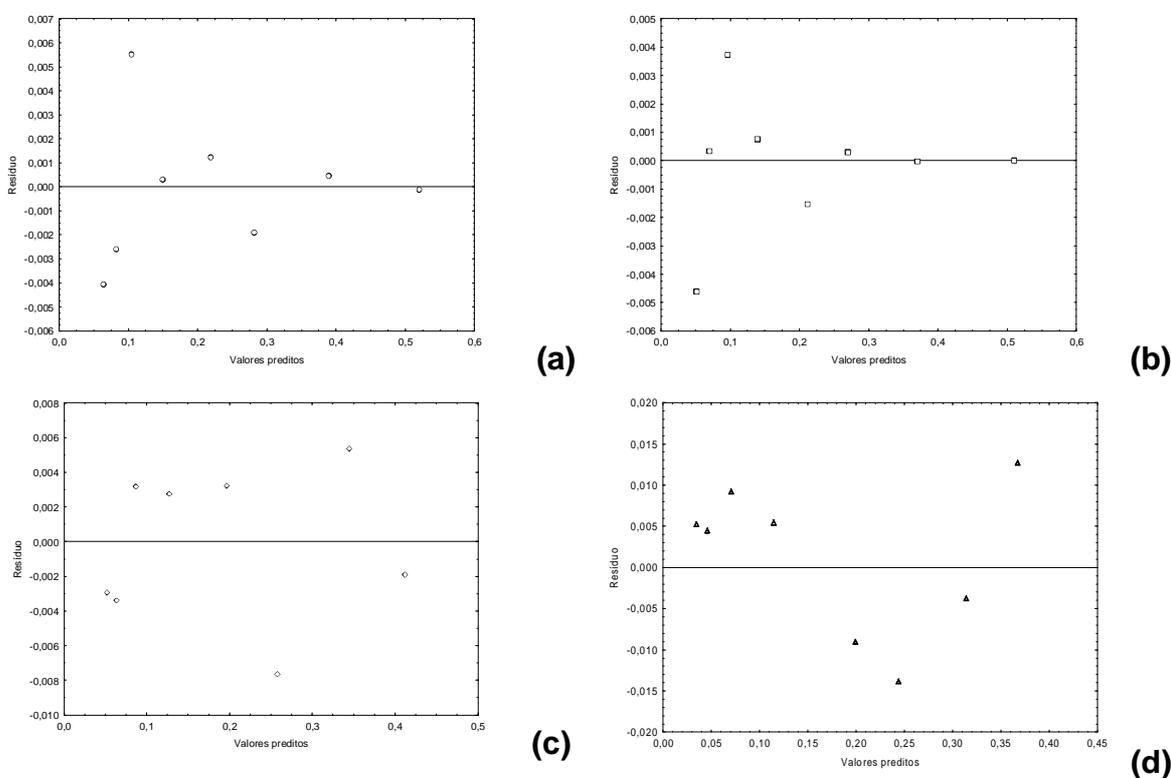


Figura 13. Distribuição dos resíduos da equação de Peleg para as temperaturas de 20°C (a), 30°C (b), 40°C (c) e 50°C (d) em função dos valores estimados.

4. CONCLUSÕES

1. A polpa de tamarindo formulada foi desidratada em tempos aproximados de 2,5, 3,0, 3,4 e 4,5 horas quando submetidas às temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, respectivamente;
2. Os melhores atributos de qualidade (vitamina C, cor e pH) são obtidos com a secagem da polpa a 60 e 70°C;
3. O extrato em pó do tamarindo é, em média, cinco vezes mais concentrado que a polpa;
4. Os modelos de Page, Henderson e Pabis e, Midilli e Kucuk, representaram, satisfatoriamente, os dados experimentais da secagem da polpa de tamarindo formulada, com os melhores ajustes revelados pela equação de Midilli e Kucuk;
5. O modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais em todas as temperaturas avaliadas, podendo ser utilizada para representar as curvas de adsorção de umidade do extrato em pó do tamarindo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADISA, V.A. The influence of molds and some storage factors on ascorbic content of orange and pineapple fruits. **Food Chemistry**, v.22, p.139-146, 1986.

ALMEIDA, F.A.C.; ALMEIDA, S.A.; SANTOS, N.R.; GOUVEIA, J.P.G., ARAÚJO, M.E.R. Efeitos de extratos alcoólicos de plantas sobre o caruncho do feijão vigna (*Callosobruchus maculatus*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.9, n.4, p.604-609, 2005a.

ALMEIDA, F.A.C.; SANTOS, N.R. GOUVEIA, J.P.G., ALMEIDA, S.A. Emprego de extratos de origem vegetal no controle do gorgulho do milho. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.44-51, 2005b.

ALMEIDA, F.A.C.; FONSECA, K.S.; GOUVEIA, J.P.G. Influência da embalagem e do local de armazenamento na qualidade fisiológica de semente de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.3, n.2, p.195-2001, 1999.

ALMEIDA, F.A.C.; GOUVEIA, J.P.G.; ARAÚJO, M.E.R.; SILVA, F.L.H.; ALMEIDA, S.A. Comparação de modelos matemáticos do calor isostérico de dessecção em polpa de goiaba. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.28-34, 2004.

ALMEIDA, F.C.A.; MORAIS, J.S.; SANTOS, R.C.; ARAÚJO, E. Influência da embalagem e do ambiente de armazenamento na qualidade sanitária de semente de amendoim. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande-PB, v.2, n.2, p. 97-102, 1998.

ALVES, D.G. **Obtenção de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem**. 2003. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2003.

ALVES, R. E. et al. Tamarindo (*Tamarindus indica* L.); Caracterização pós colheita do fruto proveniente de clima semi-árido do Nordeste. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas-BA, v.15, n.1, p.199-204,1993.

ALVES, E.U.; SADER, R.; BRUNO, R.L.A. ALVES, A.U. Maturação fisiológica de sementes de sabiá. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília-DF, v.27, n.1, p.1-8, 2005.

A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12 ed, Washington, DC., 1984. 1094p.

ARAÚJO NETO, S.E.A.; PRAÇA, E.F.; CARVALHO, E.F. ALVES, R.E.; MENEZES, J.B.; MORAIS, E.A. Desenvolvimento do fruto de sapotizeiro (*Manilkara achras* (Mill.) Fosberg). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.23, n.1, p.28-29, 2001.

ARAÚJO, M.E.R. **Predição da cinética de secagem do fruto da goiabeira (*Psidium guajava* L.)**. 2001, 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2001.

ARRUDA, R.J.S.; NOLASCO, F. Pomar matriz. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, v.6, n.1, p.63-70, 1986.

AZEVEDO, M.R.Q.; GOUVEIA, J.P.; TROVÃO, D.M.M.; QUEIROGA, V.P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.7, n.3, p.519-524, 2003.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A..P.; BRON, H.U. Índices para avaliar pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.39, n.2, p.139-145, 2004.

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

BARBOSA, W.; OJIMA, M.; DALL'ORTO, F.A.C.; MARTINS, F.P.; LOVATE, A. A. Desenvolvimento dos frutos e das sementes de pêssegos subtropicais de diferentes ciclos de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**-Brasília, DF, v.28, n.6, p.701-707, 1993.

BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J.A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba-PR, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.

BERNHARDT, L.W.; TOCCHINI, R.P.; PASCHOALINO, J.E. Mudanças que ocorrem durante o armazenamento de frutas e hortaliças. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**. Campinas-SP, v.16, n.1, p.9-34, 1979.

BOQUET, R.; CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. Equations of fitting water sorption isoters of foods II.Evaluation of varius two parameters models. **Journal of Food Tecnology**, v.13, p. 327-329, 1978.

BORGES, E.E.; BORGES, R.C.G.; TELES, F.F.F. Avaliação da maturação e dormência de sementes de orelha de negro. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília-DF, v.2. n.2, p.29-32, 1980.

BORGES, S.V.; CAL-VIDAL, J. Análise higroscópica e microestrutural de frutas desidratadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.29, n.5, p.815-821, 1994.

BOTREL, N.; CARVALHO, V.D. efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi "Smooth cayenne". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.28, n.9, p.1055-1064, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília- DF. 1992. 365p.

BROD, F.P.R. **Avaliação de um secador vibro-fluidizado**. 2003. 336 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)–Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2003.

BRUNAUER, S.; EMMET, T.H.; TELLER, F. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of American Chemistry Society**, v.60, n.2, p.309, 1938.

BRUNINI, M.A.; DURIGAN, J.F.; OLIVEIRA, A.L. Avaliação das alterações em polpa de manga “Tommy Atkins” congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.24, n.3, p.651-653, 2002.

BRUNINI, M.A. OLIVEIRA, A.L.; VARANDA, D.B. Avaliação de polpa de goiaba “Paluma” armazenada a -20° C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.25, n.3, p.55-62, 2003.

BUESCO, C.E. Soursop, tamarind and chironja. In: NAGY, S.; SHAW, P.E. **Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses**. AVI, p.375-406, 1980.

BUTT, V.S. Direct oxidases and related enzymes. In: STUMPE, P.K.; CONN, E.E. the biochemistry of plants: a comprehensive treatise. **Ademic press**, New York, v.2, p.81-123, 1980.

CABRAL, E.L.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Armazenamento e germinação de sementes de *tabebuia áurea* (MANSO) BENTH. & HOOK F.EX.S. MOORE. Acta. **Botânica Brasileira**, v.17, n.4, p.609-617, 2003.

CÁCERES, M.C. **Estudo do processamento e avaliação da estabilidade do “blend” misto a base da polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) e suco de beterraba (*Beta vulgaris*)**. 2003. 124 f. Dissertação (mestrado em Tecnologia de alimentos)–Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2003.

CALEGARO, J.M.; PEZZI, E.; BENDER, R.J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,-DF, v.37, n.8, p.1049-1055, 2002.

CANTILLANO, F.R.F.; MALGARIM, M.B.; TREPTOW, R.O.; SOUZA. Períodos de armazenamento e atmosferas modificadas na qualidade físicas, química e sensorial de pêssegos cv. Maciel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 18, 2004, Florianópolis-SC. **Resumos**. CD

CAPRISTE, G.H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v.47,n.2, p.1501-1507, 1982.

CARMO, S.A. **Conservação pós-colheita de pimentão amarelo “Zarco HS”**. 2004. 127f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola: Tecnologia de pós-colheita) - Universidade Estadual de Campinas-Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas-SP. 2004.

CARVALHO, H.H.; JONG, E.V.; (Coord.). **Alimentos: Métodos físicos e químicos de análise**. Porto Alegre: Ed. Universitária/ UFRGS, 179p, 2002.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 558p.

CATUNDA, P.H.A.; VIEIRA.; H. D.; SILVA, R.F.; POSSE, S.C.P. Influência do teor de água, da embalagem e das condições de armazenamento na qualidade de sementes de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília-DF, v.25, n.1, p.65-71, 2003.

CHITARRA, M.I.F. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Manutenção e Qualidade**. Tecnologia e Qualidade Pós-Colheita de frutos e Hortaliças. Lavras: ESAL/FAEPE, 1999, 61p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005, 785p.

CHITARRA, M.J.F.; Colheita e qualidade pós-colheita de frutos: **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte-MG, v.17, n.179. p.8-18, 1994.

CISNEIROS, R.A.; MATOS, V.P.; LEMOS, M.A.; REIS, O.V.; QUEIROZ, R.M. Qualidade fisiológica de araçazeiro durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.7, n.3, p.513-518, 2003.

CLYDESDAL, F.M. Color as a factor in food choice. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.33, n.1, p.83-101, 1993

COELHO, R.L.M.; HOLANDA, L.F.F.; MAIA, G.A.; JUNIOR, J.C.G.; FIGUEIREDO, R.W. Avaliação da preservação da polpa do tamarindo (*Tamarindis indica* L.) por alta e baixa temperatura. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza-CE, v.18, n.2, p.15-22, 1987.

CORVELLO, W.B.V.; VILLELA, F.A.; NEDEL, J.L.; PESKE, S.T. Maturação fisiológica de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília-DF, v.21, n.2, p.23-27, 1999.

COSTA, J.M.C.; MEDEIROS, M.F.D.; MATA, .A.L.M.L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leite de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza-CE, v.34, n.1, p.5-9, 2003.

COSTA, N.P. **Desenvolvimento, maturação e conservação pós-colheita de frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.)**. 1998. 97f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal: Agricultura Tropical) - Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, 1998.

COX, K.A.; McGHIE, T.K.; WHITE, A.; WOOLF, A.B. Skin colour and pigment changes during ripening of “Hass” avocadofruit. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v.31, p.287-294, n.1, 2004.

CRUZ, R.G.; ALMEIDA, E.C.; AMORIM, E.; BORGES, S.V. Conservação refrigerada de carambolas em embalagens plásticas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.5, n.2, p.279-282, 2001.

DIAS, D.C.F. Maturação de sementes. **Revista SEED News**, Pelotas-RS, v.5, n.6, p. 2001.

DOYMAZ, I. Drying behaviour of green beans. **Journal of Food Engineering**, London, v.69, n.2, p.161-165, 2005.

EICHELBERGER, L.; MAIA, S.T.; MORAES, D.M. Composição química de sementes de azevém em resposta ao retardamento da secagem a ao armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.37, n.5, p.693-701, 2002.

ERENTURK, S.; GULABOGLU, M.S.; GULTEKIN, S. The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. **Article in Press, Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.68n.4,p.513-518, 2004.

ERTEKIN, C.; YALDIZ, O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.63, n31, p.349-359, 2004.

EVERSEN, K.B. Effects of maturity at harvest, storage temperature, and cultivar on muskmelon quality. **HortScience**, Alexandria, v.18,n.6,p.907-908, 1983.

FAO. **Food and nutrition division**. <<http://www.fao.org/es/dept/es960003.htm>>. Acesso em 30 de julho de 2003.

FARIAS, E.S.; GOUVEIA, J.P.G.; ALMEIDA, F.A.C.; BRUNO, L. A.; NASCIMENTO, J. do. Secagem de cajá em um secador de leito fixo. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2002, Belém. **Anais...** 2002. p. 5.-CD.

FARONI, L.R.D'A. Princípios pragas de grãos armazenados. In: HARA, T.; ALMEIDA, F.A.C.; CAVALCANTI MATA, M.E.R.M. (Eds). **Armazenamento de grãos e sementes nas propriedades rurais**. Campina Grande-PB. UFPB/SBEA, 1997, cap.4, p.189-291.

FERREIRA, C.D.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v.23, n.2, p.251-255, 2003.

FERREIRA, S.A.V.; GENTIL, D.F.O. Armazenamento de sementes de camu-camu (*Myrciaria dúbia*) com diferentes graus de umidade e temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.25, n.3, p.440-442, 2003.

FEUNGCHAN, S.; YIMSAWAT, T.; CHINDAPRASERT, S.; KITPOWSONG P. Studies on the colour change of tamarind pulp in storage. **Thai Journal of Agricultural Science**. Special Issue, n.1, p.52-56, 1996.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; LINO, I.B.M.; BRECHT, J.; CHAU, K. V. Modelling O₂ and CO₂ exchanger for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.43, p.09-15, 2000.

FRANK, H.A.; THRONE, J.E.; SIMONATIS. R.A. Degradation and biological efficacy of clorpyrifos methyl on wheat stored at temperatures and three moisture contents. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.85, n.5, p.1994-2002, 1992.

GABAS, A.L. **Secagem de uva Itália em leito fixo**. 1998. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos: Secagem de produtos Agrícolas)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 1998.

GABAS, A.Z.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F.C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v.23, n.supl., p.66-70, 2003.

GALDINO, P.O.; **Desidratação de polpa de umbu**. 2003. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2003.

GERÔNIMO, E.M.; KANESIRO, M.A.B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas “Palmer”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.22, n.2, p.237-243, 2000.

GOMES, J.E.; PERECIN, D.; MARTINS, A.B.G. Desenvolvimento do fruto da acerola da fecundação à maturação em três épocas nas condições de Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.22, n.3, p.318-322, 2000.

GOMES, P.M.A.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. QUEIROZ, A.J.M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande-PB, v.4, n.2, p.157-165, 2002.

GONZAGA NETO, L.; CRISTO, A.S.; CHOUDHUYI, M.M. Conservação pós-colheita de frutos de goiabeira variedade paluma. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.34, n.1, p.1-6, 1999.

GOUVEIA, J.G.P.; MOURA, R.S.F.; ALMEIDA, F.A.C.; OLIVEIRA, A.M.V.; SILVA, M.M. Avaliação da cinética de secagem de caju mediante um planejamento experimental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.6, n.3, p.471-474, 2002

GOUVEIA, J.P.G.; ALMEIDA, F.A.C.; SILVA, F.H.; MURR, F.E.X. Estudo da cinética de secagem de gengibre em um secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v.24, n.2, p.20-27, 1999.

HALSEY, G. Physical adsorption on non-uniform surfaces. **The Journal of Chemical Physics**, v.16, n.10, p.931-937, 1948

HARDENBURG, R.E. Effect of in package environment on keeping quality of fruit and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v.8, n.3, p.198-201, 1971.

HASAN, S. K.; IJAZ, S. Tamarind-A review. **Science Industry** (Karachi). v. 9, n. 3, p. 131-137, 1972.

HENDERSON, S.M.; PABIS, S. Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficients. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, GB, v.6, n.3, p169-174, 1961.

HERNÁNDEZ-UNZON, H.Y.; LAKSHMINARAYANA, S. Developmental physiology of tamarind fruit (*Tamarindus indica* L.). **HortScience**, Alexandria, v.17, n.6, p.938-940, 1982a.

HERNÁNDEZ-UNZON, H.Y.; LAKSHMINARAYANA, S. Biochemical changes during development and ripening of tamarind fruit (*Tamarindus indica* L.). **HortScience**, Alexandria, v.17, n.6, p.940-942, 1982b.

IGLESIAS, H.A.; CHIRIFE, J. Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food material. **Journal of Food Technology**, v.11, p.109-116, 1976.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo, 1985. v. 1, 533 p.

INTERNATIONAL CENTRE FOR UNDERUTILISED CROPS. **Tamarind Extension Manual**. Disponível em: < <http://www.civil.sotn.ac.uk/icuc/9.htm>> Acesso em : 25 de nov. 2004.

ISHOLA, M.M.; AGBAJI, E.B. A chemistry study of *Tamarindus indica* L (tsamioya) fruits grown in Nigéria. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v.51, n.1, p.141-143, 1990.

JACOMINO, A.P.; SIGRIST, J.M.M.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; MINAMI, K.; KLUGE, R.A. Embalagens para conservação refrigerada de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.23, n.1, p.50-54, 2001.

JAYARAMAN, K.S.; DAS GUPTA, D.K. Dehydration of Fruits and Vegetables: Recent Developments in Principales and Techniques. **Drying Tecnology**, v.10, n. 1, p. 1-50, 1992.

JINESCU, G.; WOINAROSCHY, A. TEBREMCU, C.E.; IONESCU, E. Vitamin C degradation during the drying process of the granulated wild-rose extract. **Proceedings of the 14th International Drying Symposium**, São Paulo-SP, v.B, p. 1128-1133, 2004

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: Avi, 1997. 532p.

KECHAOU, N.; MAALEJ, M. Desorption isotherms of imported banan. **Drying Technology**, New York, v.17, n.6, p.1201-1213, 1999.

KLUGE, A. R.; NACHTIGAL, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutos de clima temperado**. 2 ed. Pelotas: UFPEL, 2002, 163p.

KLUGE, R.A.; BILHALVA, A. B.; CANTILLANO, R.F.F. Influência do estágio de maturação e da embalagem de polietileno na frioconservação de ameixa **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.34, n.3, p.323-329, 1999.

KOMUTARIN, T.; AZADI, S.; BUTTERWORTH, L.; KEIL, D.; CHITSOMBOON, B.; SUTTAJIT, M.; MEADE, B.J. Extract of the seed coat of *Tamarindus indica* inhibits nitric oxide production by murine macrophages in vitro and in vivo. **Food and Chemical Toxicology**, v.42, p.649-658, 2004.

KOYUNCU, T.; TOSUN, L.; USTUN, N.S. drying kinetics and color retention of dehydrated rosehips. **Drying Technology**, New York, v.21, n.7, p.1369-1381, 2003.

LABUZA, T.P.; HYMAN, C.R. Moisture migration and control in multi-domain foods. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, GB, v.9, n.2, p.47-55, 1998.

LAHSASNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M.; KECHAOU, N. Experimental study and modeling of adsorption and desorption isotherms of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*). **Journal of Food Engineering**, London, v.55, n.1, p.201-207, 2002.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin c content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v.20, p.207-220, 2000.

LEE, T.I.; JEONG, C.S.; YOOO, K.C. Effects of light intensity and night temperature on sugar accumulation of muskmelon in warm season. **Journal of the Korean society for Horticultural Science**. Suwon, v.37, p.741-745, 1996.

LEONHARDT, C.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. MATTEI, V.L. Maturação fisiológica de sementes de tarumã-de-espinho (*Citharexylum montevidense*) (Spreng.) Moldenke - VERBENACEAE, no jardim Botânico de Porto Alegre, RS. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília-DF, v.23, n.1, p.100-107, 2001.

LEFREVE, J.J. Revier de la littérature sur le tamarinier. **Fruits**, Paris, v.26, n.10, p.687-695, 1971.

LIMA L.C.; GIANNONI, J. A. CHITARRA, M.I.F.; VILAS BOAS, E.V.B. Conservação pós-colheita de pêssegos “premier” sob armazenamento refrigerado. **Ciência e Agrotcnologia**., Lavras-MG, v.23, n.2, p.303-308, 1999.

LIMA, A.S.; FIGUEIREDO, R.W.F.; MAIA,G.A.; LIMA,J.R.; SOUSA, P.H.M. Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal-SP, v.26, n.1, p.107-109, 2004.

LIMA, E.D.P.A.; LIMA, C.A.A.; ALDRIGUE, M.L.; GONDIM, P.J. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal,-SP, v.24, n.2, p.338-343, 2002.

LIMA, M.A.; DURIGAN, J.F. Conservação de goiabas “Pedro Sato” associando-se refrigeração com diferentes embalagens plásticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal,-SP, v.22, n.2, p.232-236, 2000.

LOMAURO, C.J.; BAKSHI, A.S.; LABUZA, T.P. Moisture transfer properties of dry and semi moist foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, p.397-400, 1985.

LOMBARDI, S.R.B.; MORAES, D.M.; CAMELATTO, D. Avaliação do crescimento e da maturação pós-colheita de pêras da cultivar shinsseiki. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,-DF, v.35, n.12, p.2399-2405, 2000.

MAHARAJ, V.; SANKAT, C.K. Quality changes in dehydrated dasheen leaves: effects of blanching pre-treatments and drying conditions. **Food Research International**, v.29, n. 5-6, p. 563-568, 1996.

MAIA, G.A.; ALBUQUERQUE, C.A. N. **Curso de processamento de sucos e polpas de frutas tropicais**. Associação das Indústrias Processadoras de Frutas-ASTN, p.15, 2000.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, F.R.F.; TREPTOW, R.O.; SOUZA, E.L.; COUTINHO,E.F. Estádios de maturação e variação da temperatura de armazenamento na qualidade pós-colheita de ameixas cv. Amarelinha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal,-SP, v.27, n.1, p.29-35, 2005.

MANJUNATH, M.N.; SATTIGERI, V.D.; RAMA, RAO S.N.; UDAH RANI, M. NAGARAJA, K.V. Physico-chemical composition of commercial tamarind powder. **Indian Food Packer**, n.45, p.39-42, 1991.

MARSH, K.; ATTANAYAKE, S.; WALKER, S.; GUNSON, A. BOLDINGH, H.; MacRae, E. Acidity and taste in kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v.32, p.159-168, 2004.

MARTINS, A.B.G.; MARCHIORI, T.T. Efeito do armazenamento de sementes de tamarindo na porcentagem e precocidade de germinação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 17, 2002, Belém-PA. **Resumos**. CD

MARTINS, L.P. **Fisiologia da maturação, amadurecimento e armazenamento pós-colheita de ciriguela (*Spondias purpurea* L.)**. 2000.120f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal: Agricultura Tropical) - Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, 2000.

MARTINS, L.P.; SILVA, S.M.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Desenvolvimento de frutos de ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal,-SP, v.25, n.1, p.11-14, 2003.

MARTINS, V. S.; SILVA, D.D. Maturação e época de colheita de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília-DF, v.19,n.1, p.96-99, 1997.

MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais** – guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no nordeste do Brasil. Imprensa Universitária/Edições UFC, Fortaleza, 344p. 2002.

MEDEIROS, S.A.F.; ARAÚJO, A.G.F.; FAGUNDES, G.R.; YAMANISHI, O.K. características físico-químicas do mamão (*Carica papaya* L.), cv. Canaã, em diferentes estádios de maturação. In: REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE INTERAMERICANA DE HORTICULTURA TROPICAL, XLIX, 2003 Fortaleza. **Programas e Resumos...** Fortaleza, 2003. p.173.

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAZ, Z. A new model for single-layer drying. **Drying Technology**, New York, v.20, n.7, p.1503-1513, 2002.

MIRANDA, M.R.A.; SILVA, F.S.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; ARAÚJO, N.C.C. Armazenamento de dois tipos de sapoti sob condição de ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.24, n.3, p.644-646, 2002.

MISHKIN, M.; SAGUY, I.; KAREL, M. A dynamic test for kinetic models of chemical changes during processing: ascorbic acid degradation in dehydration of potatoes. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 1267-1270, 1984.

MISHRA, V. K.; ORAIKUL, B.; TEMELLI, F. Physical characterization and water sorption of freeze dried dulce *Palmaria palmata* powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 20, n.1, p. 25-39, 1996.

MORTON, J. Tamarind. In: **Fruits of warm climates**. Miami, FL, p.115-121, 1987.

MOSCA, J.L.; LIMA, G.P.P. Armazenamento de atemóia (*Annona cherimola*. Mill. x *Annona squamosa* L.), cv Gegner, utilizando filme plástico e refrigeração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 18, 2004, Florianópolis-SC. **Resumos**. CD

MOURA, R. S. F. **Estudo da cinética de secagem de caju (*Anacardium occidentale* L.) em um secador de leito fixo**. 2001. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)– Centro de Ciências e Tecnologia-Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 2001.

NAGALAKSHMI, S.; CHEZHIAN, N.; NANDAKUMAR,N.; RAMESH, T. Quality variation in tamarind (*Tamarindus indica* L.) pulp during storage. **Madras Agric. J.** v.89, n.10/12, p.601-607, 2002.

NAKAGAWA, C.C.; ZUCARELI, C. Maturação, formas de secagem e qualidade fisiológica de sementes de mucuna-preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília-DF, v.27, n.1, p.45-53, 2005.

NERES, C.R.L.; VIEIRA, G.; DINIZ, E.R.; MOTA, W.F.; PUIATTI, M. Conservação do jiló em função da temperatura de armazenamento e do filme de polietileno de baixa densidade. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.431-438, 2004.

NEVES FILHO, L.C. Perda de peso na estocagem em frutas e hortaliças. **Alimentos & Tecnologia**. São Paulo-SP, v.1, n.4, p.28-34, 1985.

OLIVA, P.B.; MENEZES, H.C.; FERREIRA, V.L.P. Estudo da estabilidade do néctar de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP v.16, n.3, p.228-232, 1996.

OLIVEIRA NETO, O.C. **Maturação e conservação sob atmosfera modificada de bananas prata, pacovan e nanicão tratadas pós-colheita com 1-metilciclopropeno (1-MCP)** 2002.155f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal: Agricultura Tropical) - Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, 2002.

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

PARK, K.J.; BIN, A.; BROD, F.P.R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para pêra Bartlett (*Pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v.21, n.1, p.73-77, 2001.

PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Process Engineering**, Westport, v.16, n.1, p.21-37, 1993.

PENA, R.S.; RIBEIRO, C.C.; GRANDI, J.G. Aplicação de modelos matemático bi e tri-paramétricos na predição de isotermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia cupuna*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v.20, n.1, p.8-11, 2000.

PEREIRA, P.C.; MELO, B.; FRAZÃO, A.A.; ALVES, P.R.B. **A cultura do tamarindeiro** (*Tamarindus indica* L.). Disponível em :<www.fruticultura.iciag.ufu.br/tamarindo.htm>. Acesso em: 17 set. 2004.

PLAZAS, I.H.A.Z.; MEDINA, P.F.; NOVO, J.P.S. Viabilidade de sementes de trigo tratadas com fenitrotion e infestadas por *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: curculionidae) durante o armazenamento. **Bragantia**, Campinas-SP, v.62, n.2, p.315-327, 2003.

PRADO, M.E.T.; CHANDRA, P.K.; BICALHO, U.O. Desenvolvimento de um modelo matemático para estimar a degradação de vitamina C durante o armazenamento de alimentos de umidade intermediária. **Ciência e Tecnologia de Alimentos Campinas-SP**, v.15, n.2, p.105-200, 1995.

REGITANO D'ARCE, M.A.B. **Pós-colheita e armazenamento de grãos**. Disponível em:<http://www.esalq.usp.Br/departamentos/lan/pdf/armazenamentodegrãos.pdf>, Acesso:20/12/2005

REIS, R.B.; SALOMÃO, A.N. efeito do grau de maturação de frutos na germinação de sementes de genipapo (*Genipa americana* L. (RUBIACEAE). **Informativo ABRATES**, v.9, n.1/2, p.31, XI Congresso Brasileiro de Sementes, 1999.

RIBEIRO, V.G.; ASSIS, J.S.; SILVA, F.F.; SIQUEIRA, P.P.X.; VILARONGA, C.P.P. Armazenamento de goiabas “paluma” sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.27, n.2, p.203-206, 2005.

RICHARDS, F.C. The quantitative analysis of plant growth. In: STEWARD, F.C (ed). **Plant physiology; a treatise**. New York, Acad. Press, 1969, p.3-76.

ROMERO-PENA, L.M. Influência das condições de secagem na qualidade de fatias de tomate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.1, p.69-76, 2003.

ROBBIN, J.A.; MOORE, P.P. Color change in fresh red raspberry fruit stored at 0,4, 5 or 20°. **Hortsciense**, v.25, p.1623-1624, 1990.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L.C.; MARINI, L.J.; ELIAS. M. C. Sistemas de armazenamento hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.34, n.6, p.1715-1722, 2004.

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

SALUNKE, D.K.; DESAI, B.B. **Postharvest Biotechnology of fruits**. Flórida, v.2, p.81-85, 1984.

SANKAT, C.K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. **Lebensm.-Wiss. u-Technol**, v.37, n.1, p. 217-525, 2004.

SANTOS, A.F. **Fisiologia do crescimento, desenvolvimento e armazenamento pós-colheita de pitangas (*Eugenia uniflora* L.)**. 2001.127f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal: Agricultura Tropical) - Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, 2001.

SANTOS, A.R.L.; REINHARDT, D.H.; SILVEIRA, W.R.; OLIVEIRA, J.R.P.; CALDAS, R.C. Qualidade pós-colheita de acerola para processamento, em função de estádios de maturação e condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.21, n.3, p.365-371, 1999.

SANTOS, C.M.R.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília-DF, v.27, n.1, p.104-114, 2005.

SCALON, S.P.Q.; DELL'OLIO, P.; FORNASIERI, J.L. Temperatura e embalagens na conservação pós-colheita de *Eugenia uvalha cambess*-Mirtaceae. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.34, n.6, p.1965-1968, 2004.

SEDLACKE, J.D.; BARNEY, R.J.; PRICE, B.D.; SIDDIQUI, M. Effect of several management tactics on adult mortality and progeny production of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: curculionidae) on stored corn in the laboratory. **Journal of Economic Entomology**, v.84, p.100-105, 1991.

SELVARAJAH, S.; BAYCHOT, A.D.; JOHN, P. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Brugges, v.23, p.167-170, 2001.

SHANKARACHARYA, N.B. Tamarind-Chemistry, Technology and Uses-a critical appraisal. **Journal of Food Technology**, v.35, n.3, p. 193-208,1998.

SIGRIST, J.M.M. Transpiração. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (Campinas-SP). **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais: manual técnico**, Campinas-sp, 1988. Cap. 3, p.29-33.

SILVA, A.G.A.; GONÇALVES, C.R.; GALVÃO, D.M.; GONÇALVES, A.J.L.; GOMES, J.; SILVA, M.N.; SIMONI, L. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil, seus parasitos e predadores**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. 622p.

SILVA, F.M.; CHAU, K.V.; BRECHT, J.K.; SARGENT, S.A. Modified atmosphere packaging for mixed loads of horticultural commodities exposed to two postharvest temperatures. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v.17, p. 1-9, 1999.

SILVA, G.G.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E.; GRANGEIRO, L.C. Armazenamento de melão, híbridos Golg mine e Duna, sob condições ambientais. **Caatinga**, Mossoró-RN, v.11, n.1/2, p.7-10, 1998.

SILVA, G.G.; PRAÇA, E.F.; GOMES JÚNIOR, J.; ROCHA, R.H.C.; COSTA, M.L. Caracterização física e química de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.22, n.2, p.291-293, 2000.

SILVA, M.A.; PINEDO, R.A.; KIECKBUSCH, T.G. Ascorbic acid thermal degradation during hot air drying of camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc. Vaugh) slices at different air temperatures. **Proceedings of the 14th International Drying Symposium**, São Paulo-SP, v.C, p. 1898-1905, 2004.

SILVA, P.S.L.; SÁ, W.R.; MARIGUELE, K.H.; BARBOS, A.P.R.; OLIVEIRA, O.F. Distribuição do teor de sólidos solúveis totais em frutos de algumas espécies de clima temperado. **Caatinga**, Mossoró-RN, n.15, v.1/2, p.19-23, 2002.

SILVA, R.N.G.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; GALDINO, P.O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.35, n.5, p.1179-1184, 2005.

SIMONNE, E.H.; MILLS, H.A.; SMITTLE, D.A. Ammonium reduces growth, fruit yield and fruit quality of watermelon. **Journal of Plant Nutrition**, New York, n.15, p.2727-2741,1992.

SINGH, B.P.; SINGH, G.; SINGH, A.K. Changes in postharvest quality of guava affected by preharvest application of crop regulators. **Singapore Journal of Primary Industries**, n. 24, p.1-9, 1996.

SOARES, E.C.; OLIVEIRA, G.S.F.; MAIA, G.A.; MONTEIRO, J.C.S.; SILVA Jr., A. S.; FILHO, M. de S. de. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “foam-mat”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v. 21, n. 2, p.164-170, 2001.

SOUSA, M.P.; MATOS, M.E.O.; MATOS, F.J.A. et al. **Constituintes químicos de plantas medicinais brasileiras**. Imprensa Universitária/UFC, Fortaleza, 416p. 1991.

SOUSA, P.H.M.; MAIA,G.A.; SOUSA FILHO, M.S.M.; FIGUEIREDO, R.W.; SOUZA, A.C.R. Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal-SP, v.25, n.3, p.414-416, 2003.

SOUSA, R.P.; FILGUEIRAS, H.A.C. COSTA, J.T.A.; ALVES,R.E.; OLIVEIRA, A.C. Armazenamento da ciruela (*Spondias purpúrea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.22, n.3, p.334-338, 2000.

SOUTO, R.F.; DURIGAN, J.F.; SOUZA, B.S. DONADON, J.; MENEGUCCI, J.L.P. Conservação pós-colheita de abacaxi “perola” colhido no estágio de maturação “pintado” associando-se refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.26, n.1, p.24-28, 2004.

STATSOFT, Inc. (2004). **STATISTICA** (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Redwood: Benjamin/Cummings, 1995.566p.

TAMARINDEIRO: **Um tesouro inexplorado** (*Tamarindus indica* L.). Disponível em: http://orbita.starnedia.com/~fruticultura_tropical/html/tamarindo.htm. Acesso em 19 maio 2004.

TEIXEIRA, G.H.A.; DURIGAN, J. F.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MOURA, C.F.H. Frutos do bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart): Caracterização, qualidade e conservação. I. Análises químicas e bioquímicas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.23, n.1, p.116-120, 2001.

TELIS-ROMERO, J.; KOHAYAKAWA, M.N.; SILVEIRA JR. V. PEDRO, M.A.M.; GABAS, A. L. Enthalpy-entropy compensation based on isotherms of mango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v.25, n.2, p. 297-303, 2005.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J.M.; SIQUEIRA, E.T.F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001.40P.

UBOLDI, M. **Desidratação por camada de espuma (“foam-mat”) de suco de tomate**. 1971. 32 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos)–Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 1971.

UDDIN, M.S.; HAWLADER, M.N.A.; DING, L.; MUJUMDAR, A.S. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **Journal of Food Engineering**, v.51, p.21-26, 2002.

VAZQUEZ-OCHOA, R.I.; COLINAS-LEON, M.T. Changes in guavas of three maturity stages in response to temperature and relative humidity. **Horticultural Science**, v.25, n.1, p.86-87, 1990.

VERNON-CARTER, E.J.; ESPINOSA-PAREDES, G.; BERISTAIN, C.I.; ROMERO-TEHUITZIL, H.R. Effect of foaming agents on the stability, rheological properties, drying kinetics and flavour retention of tamarind foam-mats. **Food Research international**, v.34, n.1, p. 587-598, 2001.

VILAS BOAS, E.V. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Manutenção e Qualidade**. Aspectos Fisiológicos de Desenvolvimento de Frutos. Lavras: ESAL/FAEPE, 1999, 71p.

WELLES, G.W.H.; BUITELAAR, K. Factors affecting soluble solids content of muskmelon (*Cucumis melo* L.). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.36, p.239-146, 1998.

YAMASHITA, F.; TONZAR, A.C.; FERNÁNDEZ, J.G.; MORIYA, S.; BENASSI, M.T. Embalagem individual de mangas cv. Tommy Atkins em filme plástico: Efeito sobre a vida de prateleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal,-SP, v.23, n.2, p.288-292, 2001.

ZHANG,Q.; LITCHFIELD, J.B. An optimization of intermittent corn drying in a laboratory scale thin layer dryer. **Drying Technology**, n.9, p.383-395, 1991.

ZIDKO, A. **Coleópteros (insecta) Associados às Estruturas Reprodutivas de Espécies Florestais Arbóreas Nativas no Estado de São Paulo**. 2002, 59f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais: Manejo de Florestas de Produção)-ESALQ/ Universidade de São Paulo.

APÊNDICES

QUADRO A.1. Resumo da análise de variância para o comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF), espessura do fruto (EF) massa da matéria seca do fruto (MMSF) e teor de água do fruto (TAF) na avaliação do fruto inteiro de tamarindo durante o desenvolvimento

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		CF	LF	EF	MMSF	TAF
Tratamento	(10)	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	195,24**	12,23**	9,49**	553,95**	15630,52**
Efeito Quadrático	1	20,99**	3,40**	2,32**	7,73**	7611,74**
Efeito Cúbico	1	4,67**	0,27**	0,03 ^{ns}	20,06**	2386,20**
Resíduo	33	0,24095	0,00841	0,02089	0,65495	1,91128
C.V. (%)		6,28	4,5	10,46	15,38	2,13

ns, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

QUADRO A.2. Resumo da análise de variância para acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST) e pH na avaliação do fruto inteiro de tamarindo durante o desenvolvimento

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		ATT	SST	pH
Tratamento	(5)	-	-	-
Efeito Linear	1	45,22**	20,081**	1,79**
Efeito Quadrático	1	0,38**	4,428**	0,34**
Efeito Cúbico	1	0,095**	0,347**	0,04**
Resíduo	18	0,00145	0,02542	0,002769
C.V. (%)		1,31	4,57	2,14

ns, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

QUADRO A.3. Resumo da análise de variância para a vitamina C (VC) na avaliação do fruto inteiro, durante o desenvolvimento

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios
		VC
Tratamento	(5)	-
Efeito Linear	1	87,43**
Efeito Quadrático	1	5,91**
Efeito Cúbico	1	6,92**
Resíduo	12	0,04252
C.V. (%)		2,26

ns, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

QUADRO A.4. Resumo da análise de variância para acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) na avaliação da casca do fruto de tamarindo durante o desenvolvimento

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		ATT	SST	AST	AR	ANR
Tratamento	(4)	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	5,31**	0,1246*	6,7874**	6,5838**	0,0015**
Efeito Quadrático	1	0,74**	0,5877**	2,7885**	2,6838**	0,00100**
Efeito Cúbico	1	0,23**	0,2543**	0,5193**	0,5099**	0,00004 ^{ns}
Resíduo	15	0,0007	0,21778	0,0008	0,00076	0,00007
C.V. (%)		0,80	3,36	1,38	1,46	1,75

ns, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

QUADRO A.5. Resumo da análise de variância para o pH, vitamina C (VC), amido (AM), na avaliação da casca do fruto de tamarindo durante o desenvolvimento

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		PH	VC	AM
Tratamento	(4)	-	-	-
Efeito Linear	1	1,53**	46,09**	59,51**
Efeito Quadrático	1	0,32**	2,91**	51,69**
Efeito Cúbico	1	0,01**	4,68**	1,09**
Resíduo	10	0,00094	0,03773	0,03172
C.V. (%)		1,18	1,43	2,21

ns, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

QUADRO A.6. Resumo da análise de variância para acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) e relação sólidos solúveis totais/ acidz total titulável (SST/ATT), na avaliação da polpa do fruto de tamarindo durante o desenvolvimento

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		ATT	SST	AST	AR	ANR	SST/ATT
Tratamento	(4)	-	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	330,03**	440,90**	620,33**	306,20**	54,878**	0,28559**
Efeito Quadrático	1	66,37**	125,06**	107,89**	48,607**	11,6654**	0,073369**
Efeito Cúbico	1	2,79**	15,53*	7,3986 ^{ns}	4,6534**	0,3168 ^{ns}	0,18087**
Resíduo	15	0,00282	0,01244	0,01333	0,01729	0,00438	0,0001765
C.V. (%)		0,50	1,2	1,41	2,13	3,31	1,58

ns, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

QUADRO A.7 Resumo da análise de variância para pH, amido (AM) e vitamina C (VC), na avaliação da polpa do fruto de tamarindo durante o desenvolvimento

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		PHP	AMP	VCP
Tratamento	(4)	-	-	-
Efeito Linear	1	0,24**	828,16**	4,43**
Efeito Quadrático	1	0,03**	146,56**	21,86**
Efeito Cúbico	1	0,00 ^{ns}	0,12 ^{ns}	14,66**
Resíduo	10	0,00081	0,07552	0,041033
C.V. (%)		1,59	2,45	1,64

ns, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

QUADRO A.8. Resumo da análise de variância para o comprimento da semente (CS), largura da semente (LS), espessura da semente (ES) massa da matéria seca da semente (MMS) e teor de água da semente (TAS) e proteína bruta da semente (PBS) na avaliação das sementes de tamarindo durante o desenvolvimento

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		CS	LS	ES	MMS	TA	PBS
Tratamento	(5)	-	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,07**	0,33**	9353,32**	297,37**
Efeito Quadrático	1	0,51**	0,14**	0,17**	0,17**	1204,38**	70,52**
Efeito Cúbico	1	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,34**	0,34**	314,72**	23,60**
Resíduo	18	0,00656	0,00571	0,000993	0,000769	0,03089	0,044189
C.V. (%)		5,07	6,27	4,13	5,59	0,42	2,27

ns, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

QUADRO A.9. Resumo da análise de variância para o amido da semente (AMS), cor (L*, a* e b*), e germinação (GERMINA), na avaliação das sementes de tamarindo durante o desenvolvimento

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		AMS	L*	a*	b*	GERMINA
Tratamento	(5)	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	805,43**	1929,77**	7,20 ^{ns}	3036,51**	0,0073 ^{ns}
Efeito Quadrático	1	195,77**	348,67**	284,28**	284,86**	0,1454*
Efeito Cúbico	1	159,54**	6,48 ^{ns}	114,73**	15,07 ^{ns}	0,0371 ^{ns}
Resíduo	18	0,0812	2,9553	3,89696	17,3094	0,12265
C.V. (%)		1,77	4,68	15,1	23,74	8,8

ns, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

QUADRO A.10. Nomes científicos.

Cultura	Nome científico
Abacate	<i>Persea americana</i>
Abacaxi	<i>Ananás comosus</i>
Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>
Ameixa	<i>Prunus saliciana</i>
Atemoia	<i>Annona cherimola</i> Mill x <i>Annona squamosa</i>
Bacuri	<i>Platonia insignis</i>
Banana	<i>Musa sp</i>
Berinjela	<i>Solanum melongena</i>
Caqui	<i>Diospyros kakil</i>
Camu-camu	<i>Myrciaria dubia</i>
Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>
Ciriguela	<i>Spondias purpurea</i>
Framboesa	<i>Rubus sp</i>
Fruta de lobo	<i>Solanum lycocarpum</i>
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>
Genipapo	Jenipa americana
Guaraná	<i>Paullinia cupana</i>
Jabuticaba	<i>Myrciaria sp</i>
Jambo	<i>Eugenia malaccensis</i>
Jiló	<i>Solanum gilo</i>
Kiwi	<i>Actinidia deliciosa chevalier</i>
Lichia	<i>Litchi chinensis</i>
Manga	<i>Mangifera indica</i>
Maçã	<i>Malus domestica Borkh</i>
Mangaba	<i>Hancornia Speciosa Gomes</i>
Mamão	<i>Carica papaya</i>
Maracujá	<i>Passiflora edulis</i>
Melancia	<i>Citrullus vulgaris</i>
Melão	<i>Cucumis melo</i>
Morango	<i>Fragaria sp</i>
Orelha -de -negro	<i>Enterolobium contotisiliquum</i>
Pêra	<i>Opuntia ficus</i>
Pêssego	<i>Prunus persica</i>
Pinha	<i>Annona squamosa</i>
Pitangas	<i>Eugenia uniflora</i>
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>
Rosehip	<i>Rosa canina</i>
Sapoti	<i>Manilkara zapota</i>
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>
Tarumã -de- espinho	<i>Citharexylum montevidense</i>

QUADRO B.1. Resumo da análise de variância para o teor de água do fruto (TAF, %), Cor (L*), teor de sólidos solúveis totais (TSST, °Brix), acidez total titulável (ATT, g/100g de ácido tartárico), ph, teor de vitamina C (VITA C, mg/100g) e relação sólidos solúveis totais/ acidez total titulável (SST/ATT), dos frutos de tamarindo armazenados em ambiente natural (A1) e câmara (A2) em embalagens à vácuo (E1) e sem vácuo (E2) ao longo do período de armazenamento (P)

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		TAF	COR (L*)	SST	ATT	PH	VITA C	SST/ATT
Período (P)	5	60,2057**	20,1412**	274,245**	18,2842**	0,3694**	219,7190**	0,9634**
Armazenamento (A)	1	9,3288**	432,9964**	89,799**	3,2123**	0,0196**	4,5542**	0,8240**
EMBALAGEM (E)	1	0,5427**	0,1647 ^{NS}	55,983**	6,3222**	0,000 ^{NS}	0,2468**	0,8857**
P x A	5	2,7311**	8,7388**	7,783**	4,3301**	0,0053 ^{NS}	0,2468 ^{NS}	0,1559**
P x E	5	1,2678 ^{NS}	1,1763 ^{NS}	12,8459**	4,3710**	0,0027 ^{NS}	0,6002**	0,1073**
A x E	1	3,0659**	0,1140 ^{NS}	133,374**	0,035 ^{NS}	0,0211**	1,8880**	0,2948**
P x A x E	5	1,1353**	0,4581 ^{NS}	7,1907**	9,6854**	0,0007 ^{NS}	0,1141 ^{NS}	0,3430**
P / A1 e E1	(5)	-	-	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	78,3371**	310,249**	243,973**	0,9342**	0,2996**	159,1294**	0,2619**
Efeito Quadrático	1	0,2008 ^{NS}	33,7394**	2,9328**	5,9832**	0,1300**	99,4564**	2,1091**
Efeito Cúbico	1	0,1740 ^{NS}	76,6887**	0,1734**	4,2831**	0,0002 ^{NS}	29,5607**	0,1199**
Falta de Ajuste	2	-	-	-	-	-	-	-
P / A1 e E2	(5)	-	-	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	37,0914**	143,5870**	391,9426**	6,5499**	0,2238**	161,7778**	0,3221**
Efeito Quadrático	1	0,8034*	4,9042 ^{NS}	10,3884**	6,6429**	0,0717**	104,2361**	0,0841**
Efeito Cúbico	1	1,0030*	67,901**	2,4946**	0,3566 ^{NS}	0,0029 ^{NS}	36,7827**	0,000 ^{NS}
Falta de Ajuste	2	-	-	-	-	-	-	-
P / A2 e E1	(5)	-	-	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	86,1359**	30,6500**	207,3461**	4,1086**	0,2341**	141,9912**	1,4970**
Efeito Quadrático	1	0,0016 ^{NS}	11,4912**	0,8980*	1,6883*	0,2115**	78,3237**	0,0377 ^{NS}
Efeito Cúbico	1	4,2689**	5,1048**	0,7967*	0,4575 ^{NS}	0,0118 ^{NS}	9,7540**	0,0146 ^{NS}
Falta de Ajuste	2	-	-	-	-	-	-	-
P / A2 e E2	(5)	-	-	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	94,5214**	1,7341 ^{NS}	645,5245**	9,6347**	0,2212**	153,2506**	0,7252**
Efeito Quadrático	1	1,6374**	18,9649**	1,1619*	23,9524**	0,1187**	108,8176**	0,6751**
Efeito Cúbico	1	3,4957**	9,4467**	31,9722**	2,7535*	0,0044 ^{NS}	18,0435**	0,2898**
Falta de Ajuste	2	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	5,06	2,54	0,76	3,59	3,06	4,91	3,82

ns, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

QUADRO B.2. Resumo da análise de variância para o teor de água da semente (TAS, %), germinação (%), cor (L*), comprimento aéreo da plântula (CAP, cm) e infestação (%) das sementes dos frutos armazenados tamarindo em ambiente natural (A1) e câmara (A2) em embalagens à vácuo (E1) e sem vácuo (E2) ao longo do período de armazenamento (P)

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		TAS	GERMINAÇÃO	COR (L*)	CAP	INFESTAÇÃO
Período (P)	5	1,2575**	294,1567**	41,1135**	19,0453**	15,4405**
Armazenamento (A)	1	3,9515**	80,6667**	4,2250**	0,3421 ^{NS}	144,1825**
Embalagem (E)	1	0,2836**	8,3623 ^{NS}	0,8229 ^{NS}	0,3568 ^{NS}	4,0494 ^{NS}
P x A	5	0,2836**	67,8028**	1,1226*	0,1998 ^{NS}	7,0264**
P x E	5	0,2602**	46,4122**	2,4014**	0,4080*	5,3091**
A x E	1	0,1210 ^{NS}	70,0417**	9,8111**	0,0562 ^{NS}	13,5626**
P x A x E	5	0,064 ^{NS}	61,3500**	2,8144**	0,1008 ^{NS}	6,4655**
P / A1 e E1	(5)	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	1,7809**	193,3892**	62,3700**	24,0308*	14,4160**
Efeito Quadrático	1	0,0265 ^{NS}	103,7037**	11,6071**	0,0233 ^{NS}	0,0086 ^{NS}
Efeito Cúbico	1	0,3222 ^{NS}	3,200 ^{NS}	0,2860 ^{NS}	0,0579 ^{NS}	0,6106 ^{NS}
Falta de Ajuste	2	-	-	-	-	-
P / A1 e E2	(5)	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	3,1941**	343,5824**	128,7251**	18,0247**	110,8381*
Efeito Quadrático	1	1,3840**	63,0067**	15,1300**	0,0193 ^{NS}	0,0007 ^{NS}
Efeito Cúbico	1	0,0074 ^{NS}	29,944**	15,8402**	0,6610 ^{NS}	0,6824 ^{NS}
Falta de Ajuste	2	-	-	-	-	-
P / A2 e E1	(5)	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	0,9268**	385,7921**	68,7556**	26,0457**	5,8243 ^{NS}
Efeito Quadrático	1	0,3997**	239,4844**	5,0642**	1,0767**	0,068 ^{NS}
Efeito Cúbico	1	0,0057 ^{NS}	204,4445**	10,8167**	0,4263 ^{NS}	0,3758 ^{NS}
Falta de Ajuste	2	-	-	-	-	-
P / A2 e E2	(5)	-	-	-	-	-
Efeito Linear	1	0,3817**	22,9525 ^{NS}	248,0664**	24,8843**	0,5403 ^{NS}
Efeito Quadrático	1	0,0120*	22,7150 ^{NS}	40,3243**	0,0061 ^{NS}	0,0006 ^{NS}
Efeito Cúbico	1	0,1929*	562,68**	18,6245**	0,0857 ^{NS}	0,5818 ^{NS}
Falta de Ajuste	2	-	-	-	-	-
CV (%)	-	1,74	1,95	2,56	3,28	64,82

ns, * e ** = Não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Quadro C.1. Valores experimentais da cinética de secagem na temperatura de 50° C.

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9267	0,9198	0,8987	0,9151
20	0,8505	0,8247	0,8233	0,8328
30	0,7673	0,7538	0,7235	0,7482
40	0,6733	0,6756	0,6536	0,6675
50	0,5787	0,5701	0,5667	0,5718
60	0,4847	0,4898	0,4948	0,4898
70	0,4139	0,4032	0,4223	0,4131
80	0,3441	0,3096	0,3489	0,3342
90	0,2807	0,2377	0,2779	0,2654
110	0,1673	0,1293	0,1618	0,1528
130	0,0703	0,0441	0,0695	0,0613
150	0,0178	0,0104	0,0228	0,0170
170	0,0035	0,0025	0,0035	0,0031
200	0,0010	0,0015	0,0015	0,0013
230	0,0000	0,0010	0,0005	0,0005
260	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Quadro C.2. Valores experimentais da cinética de secagem na temperatura de 60° C.

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9061	0,8811	0,9108	0,8993
20	0,7629	0,7796	0,8091	0,7838
30	0,6500	0,6447	0,6974	0,6640
40	0,5377	0,5052	0,5852	0,5427
50	0,4144	0,3708	0,4746	0,4199
60	0,3230	0,2649	0,3799	0,3226
70	0,2182	0,1879	0,2896	0,2319
80	0,1483	0,1149	0,2099	0,1577
90	0,0939	0,0570	0,1331	0,0946
100	0,0449	0,0250	0,0783	0,0494
110	0,0160	0,0065	0,0304	0,0176
120	0,0060	0,0040	0,0105	0,0068
140	0,0025	0,0015	0,0040	0,0027
160	0,0010	0,0010	0,0025	0,0015
180	0,0010	0,0005	0,0025	0,0013
210	0,0000	0,0000	0,0010	0,0003
240	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Quadro C.3. Valores experimentais da cinética de secagem na temperatura de 70° C.

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
5	0,9448	0,9284	0,9457	0,9396
10	0,8397	0,8622	0,8312	0,8544
15	0,7451	0,7595	0,7867	0,7637
20	0,6657	0,6642	0,7067	0,6788
25	0,5858	0,5827	0,6000	0,5895
30	0,4936	0,5062	0,5279	0,5092
35	0,4048	0,4272	0,4410	0,4243
40	0,3156	0,3452	0,3620	0,3409
45	0,2549	0,2706	0,3037	0,2764
50	0,2022	0,1980	0,2365	0,2122
55	0,1583	0,1437	0,1852	0,1624
60	0,1193	0,0948	0,1373	0,1171
70	0,0562	0,0370	0,0691	0,0541
80	0,0222	0,0079	0,0212	0,0171
90	0,0069	0,0025	0,0054	0,0049
100	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
120	0,0010	0,0010	0,0020	0,0013
150	0,0005	0,0010	0,0000	0,0005
180	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Quadro C.4. Valores experimentais da cinética de secagem na temperatura de 80° C.

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
5	0,9188	0,9089	0,9161	0,9146
10	0,8261	0,8101	0,7998	0,8120
15	0,6842	0,6612	0,6662	0,6705
20	0,5730	0,5530	0,5455	0,5572
25	0,4649	0,4577	0,4405	0,4544
30	0,3637	0,3500	0,3459	0,3532
35	0,2758	0,2527	0,2528	0,2604
40	0,1975	0,1730	0,1666	0,1790
45	0,1265	0,1126	0,1099	0,1163
50	0,0734	0,0605	0,0626	0,0655
55	0,0357	0,0290	0,0310	0,0319
60	0,0144	0,0103	0,0099	0,0099
70	0,0040	0,0034	0,0030	0,0035
80	0,0035	0,0020	0,0015	0,0023
90	0,0025	0,0015	0,0000	0,0013
120	0,0010	0,0000	0,0000	0,0003
150	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Quadro C.5. Análise de variância dos valores médios da vitamina C (mg/100g), para polpa, formulação e secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tratamento	5	2173,45755	434,691511	92,05**
Resíduo	18	85,036765	4,724265	
Total	23	2258,494318		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade
CV (%) = 13,12.

Quadro C.6. Análise de variância dos valores médios de cor (L*), para polpa, formulação e secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tratamento	5	280,703333	56,140667	32,0667**
Resíduo	18	8,73000	0,48500	
Total	23	289,4332		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade
CV (%) = 2,17.

Quadro C.7. Análise de variância dos valores médios de cor (Matiz)), para polpa, formulação e secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 8 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tratamento	5	176,5043427	35,3008685	192,60**
Resíduo	18	3,29911471	0,183286	
Total	23	179,80349		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade
CV (%) = 0,60.

Quadro C.8. Análise de variância dos valores médios do teor de sólidos solúveis totais (TSST, °Brix), para polpa, formulação e secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 50 °C, 60° C, 70 °C e 80°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tratamento	5	15534,1842	3106,8368	7,45e8**
Resíduo	18	0,00007	0,0000	
Total	23	155334,1843		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade
CV (%) = 0,0046.

Quadro C.9. Análise de variância dos valores médios dos pH, para polpa, formulação e secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tratamento	5	0,13447083	0,026894	217,57**
Resíduo	18	0,00222500	0,00012361	
Total	23	0,13669583		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade
CV (%) = 0,39.

Quadro C.10. Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável (ATT, g/100g de ácido tartárico), para polpa, formulação e secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tratamento	5	374,35725	74,87140	854,83**
Resíduo	18	1,57655	0,0875861	
Total	23	375,93380		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade
CV (%) = 0,55.

Quadro C.11. Valores médios da cor (L*) e Matiz, vitamina C (mg/100g), teor de sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total titulável (g/100g de ácido tartárico) e pH, para a polpa, formulação e polpa em pó do tamarindo desidratada nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Tratamentos	Parâmetros					
	Cor (L*)	Cor (Matiz)	Vitamina C	TSST (°Brix)	ATT	pH
Polpa	26,87 d	68,36 de	3,68 d	15,02 f	3,24 c	2,66 c
Formulação	37,95 a	69,67 c	3,94 d	16,71 e	2,91 c	2,77 b
50 °C	30,65 c	69,26 dc	17,58 c	71,21 a	10,67 b	2,86 a
60 °C	34,38 b	67,72 e	25,51 ab	66,52 d	11,71 a	2,85 a
70 °C	31,38 c	73,53 b	21,55 bc	70,51 c	11,44 a	2,86 a
80 °C	31,18 c	75,03 a	27,16 a	70,67 b	11,85 a	2,85 a
DMS	1,56	0,96	4,89	0,0046	0,42	0,025

Medias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)