



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



DISSERTAÇÃO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PROCESSAMENTO
E ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**SECAGEM DA POLPA DE PITANGA E ARMAZENAMENTO DO
PÓ**

HOFKY VIEIRA ALEXANDRE

Campina Grande – Paraíba

SETEMBRO, 2005

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG**

A758s	Alexandre, Hofsky Vieira
2005	Secagem da polpa de pitanga e armazenamento do pó / Hofsky Vieira Alexandre. — Campina Grande: UFCG, 2005. 108f.: il. Inclui Bibliografia Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) — Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande. Orientadores: Rossana Maria Feitosa de Figueiredo/ Alexandre José de Melo Queiroz 1 - Pitanga 2 - Armazenamento I Título
	CDU 634.42: 442

SECAGEM DA POLPA DE PITANGA E ARMAZENAMENTO DO PÓ

HOFKY VIEIRA ALEXANDRE

**Dissertação apresentada ao Curso de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
da Universidade Federal de Campina
Grande, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Agrícola**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Armazenamento e Processamento de
Produtos Agrícolas**

**ORIENTADORES: Prof^a. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

Campina Grande – Paraíba

SETEMBRO, 2005

*Determinação, coragem e autoconfiança
são fatores decisivos para o sucesso.
Não importa quais sejam os obstáculos e
as dificuldades. Se estamos possuídos de uma
inabalável determinação, conseguiremos superá-los.
Independentemente das circunstâncias, devemos ser
sempre humildes e despidos de orgulho.*

Dalai-Lama

*A minha sempre amada mãe Terezinha por seu amor,
amizade, carinho e infinita bondade e ao meu querido
Fabiano por seu amor, afeto e doce alegria,*

DEDICO.

*A meu pai Cícero Luiz, minha irmã Histamack, meu
sobrinho João Vitor e a minha Tia Estela, por todo
amor a mim dedicado,*

OFEREÇO.

Agradecimentos

A Deus, por me permitir;

Aos meus pais, Cícero Luiz Alexandre e Terezinha Vieira Alexandre (in memória), pelo amor, carinho, dedicação e ensinamentos de sabedoria eternizados em meu coração;

A minhas irmãs Mavinyeux, Histamack e Rimucy, por estarem sempre ao meu lado, dando-me apoio, força e incentivo para vencer as dificuldades encontradas no caminho;

A meu sobrinho João Vitor, pela paz que seu amor puro traz ao meu coração;

A minha prima Neyla, pela amizade, atenção e paciência para me escutar;

Aos amigos queridos Mardônio, Soni, Jerusa e Fabíola, pelo carinho, amizade sincera, incentivo e incansáveis contribuições em minha vida;

A meu gatinho Tom Zé por sua constante e incondicional companhia, durante a elaboração desse trabalho;

A Capes, pela bolsa concedida;

A Indústria de suco BONSUCO (Bonito – Pe), pela doação da polpa de pitanga;

Aos Professores Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo e Alexandre José de Melo Queiroz, pela paciente orientação, amizade, apoio e momentos de descontração, durante a realização desse trabalho;

As Professoras Dr^a Líbia de Souza Conrado e Dr^a Maria Elita Martins Duarte pela participação nesse trabalho como examinadoras, contribuindo para o melhoramento desse;

Aos Professores do mestrado em especial as Professoras Dr^a Josivanda Palmeira Gomes por sua amizade e infinita generosidade e a Dr^a Maria Elita Martins Duarte pela sua paciência atenciosa colaboração;

Aos professores Paulo Pinto, Verônica Cirne e Caio Cesar Martino, pela ajuda, confiança e constante estímulo;

As secretárias do Departamento de Engenharia Agrícola, Rivanilda, Aparecida e Aldaniza pelas orientações e calorosa recepção;

Aos funcionários do Laboratório de Processamento de Produtos Agrícola, em especial a Renato e Luciene pela amizade e colaboração;

As famílias de José Alves Feitosa Filho e Luiz Pereira da Silva, pela acolhida calorosa, amizade e confiança em meus projetos;

Aos colegas de pesquisa, que se tornaram amigos, todo meu carinho, pelos préstimos a mim dispensados, amizade, convivência engrandecedora e divertida, cujos nomes, que aqui não caberiam, escrevi em minha memória e suas ações guardei em meu coração;

E aos demais amigos e familiares, que de alguma forma, contribuíram na elaboração deste trabalho.

“Um dia quando nossos passos forem mais firmes, nossos sonhos mais concretos e realizados, resta-nos sempre a lembrança daqueles que muito contribuíram para isto...”

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo geral	2
1.2. Objetivos específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. A pitanga	4
2.2. Características físico-químicas	6
2.2.1. Umidade / Sólidos totais	7
2.2.2. pH	8
2.2.3. Sólidos solúveis totais (°Brix)	8
2.2.4. Acidez total titulável	9
2.2.5. Vitamina C	10
2.2.6. Cinzas	11
2.2.7. Açúcares	11
2.2.8. Densidade	12
2.3. Secagem	13
2.3.1. Secagem em camada de espuma	15
2.3.2. Modelos matemáticos	15
2.4. Aditivos	17
2.5. Embalagens	18
2.5.1. Polietileno	20
2.5.2. Laminada	21
2.6. Cor	21
2.7. Atividade de água	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Local de realização do trabalho	27
3.2. Matéria-prima	27
3.3. Secagem	27

3.4. Armazenamento da pitanga em pó	28
3.5. Caracterização da polpa integral e da pitanga em pó	28
3.5.1. Umidade e Sólidos totais	28
3.5.2. pH	28
3.5.3. Sólidos solúveis totais (°Brix)	29
3.5.4. Acidez total titulável	29
3.5.5. Cinzas	29
3.5.6. Ácido ascórbico	29
3.5.7. Açúcares totais, redutores e não redutores	29
3.5.8. Cor	30
3.5.9. Densidade	30
3.5.10. Avaliação da massa durante o armazenamento	30
3.6. Análise estatística	30
3.7. Cinética de secagem	30
3.7.1. Razão de umidade	31
3.7.2. Modelos matemáticos	31
3.8. Isotermas de adsorção de umidade	32
3.8.1. Umidade de equilíbrio	33
3.8.2. Modelos matemáticos	34
3.8.3. Erros experimentais	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Caracterização da matéria-prima	36
4.2. Estudo do armazenamento da pitanga em pó	38
4.2.1. Acido ascórbico	38
4.2.2. Umidade e massa	40
4.2.3. pH	44
4.2.4. Acidez total titulável	46
4.2.5. Cinzas	49
4.2.6. Açúcares totais	51
4.2.7. Açúcares redutores	54
4.2.8. Açúcares não redutores	56
4.2.9. Luminosidade (L [*])	59
4.2.10. Intensidade de vermelho (+a [*])	61

4.2.11. Intensidade de amarelo (b [*])	64
4.3. Cinética de secagem	66
4.4. Isotermas de adsorção de umidade	70
5. CONCLUSÕES	78
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
APÊNDICE A	96
APÊNDICE B	98
APÊNDICE C	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Composição química dos frutos da pitangueira (<i>Eugenia uniflora</i>)	6
Tabela 2.2. Composição química e físico-química da polpa integral de pitanga	6
Tabela 2.3. Modelos de ajuste de isoterma de sorção de água	26
Tabela 3.1. Atividade de água das soluções saturadas de sais	33
Tabela 4.1. Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de pitanga	37
Tabela 4.2. Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico da pitanga em pó armazenada em embalagem laminada, durante o armazenamento	38
Tabela 4.3. Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	39
Tabela 4.4. Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento .	39
Tabela 4.5. Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	40
Tabela 4.6. Análise de variância dos valores médios da umidade da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	41
Tabela 4.7. Valores médios da umidade e da massa da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	42
Tabela 4.8. Análise de variância dos valores da umidade da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	42
Tabela 4.9. Valores médios da umidade e da massa da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	43
Tabela 4.10. Análise de variância dos valores médios do pH da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	44
Tabela 4.11. Valores médios do pH da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	45
Tabela 4.12. Análise de variância dos valores médios do pH da polpa de pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	45
Tabela 4.13. Valores médios do pH da pitanga em pó na embalagem de polietileno durante o armazenamento	46

Tabela 4.14. Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó na embalagem de laminada, durante o armazenamento.....	47
Tabela 4.15. Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó na embalagem de laminada, durante o armazenamento	47
Tabela 4.16. Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	48
Tabela 4.17. Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	49
Tabela 4.18. Análise de variância dos valores médios do teor de cinzas da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	49
Tabela 4.19. Valores médios do teor de cinzas da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	50
Tabela 4.20. Análise de variância dos valores médios do teor de cinzas da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	50
Tabela 4.21. Valores médios do teor de cinzas da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	51
Tabela 4.22. Análise de variância dos valores médios dos açúcares totais da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	52
Tabela 4.23. Valores médios dos açúcares totais da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	52
Tabela 4.24. Análise de variância dos valores médios dos açúcares totais da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	53
Tabela 4.25. Valores médios dos açúcares totais da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	54
Tabela 4.26. Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	54
Tabela 4.27. Valores médios dos açúcares redutores da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	55
Tabela 4.28. Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	55

Tabela 4.29. Valores médios dos açúcares redutores da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	56
Tabela 4.30. Análise de variância dos valores médios dos açúcares não redutores da polpa de pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	57
Tabela 4.31. Valores médios dos açúcares não redutores da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	57
Tabela 4.32. Análise de variância dos valores médios dos açúcares não redutores da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	58
Tabela 4.33. Valores médios dos açúcares não redutores da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	58
Tabela 4.34. Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	59
Tabela 4.35. Valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	60
Tabela 4.36. Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	60
Tabela 4.37. Valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	61
Tabela 4.38. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	61
Tabela 4.39. Valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	62
Tabela 4.40. Análise de variância dos valores do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	63
Tabela 4.41. Valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento	64
Tabela 4.42. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de	64

amarelo (+b*) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	
Tabela 4.43. Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento	65
Tabela 4.44. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	65
Tabela 4.45. Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	66
Tabela 4.46. Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem da polpa de pitanga e coeficientes de determinação (R^2)	68
Tabela 4.47. Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) da pitanga em pó em função da atividade de água (a_w), nas temperaturas de 10°C e 20°C, 30°C e 40°C	71
Tabela 4.48. Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção da pitanga em pó, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P)	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Pitanga	5
Figura 4.1. Curvas de secagem da polpa de pitanga nas temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C	67
Figura 4.2. Curvas de secagem da polpa de pitanga para temperatura de 50°C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Lewis	69
Figura 4.3. Curvas de secagem da polpa de pitanga para temperatura de 60°C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Lewis	69
Figura 4.4. Curvas de secagem da polpa de pitanga para temperatura de 70°C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Lewis	70
Figura 4.5. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó	72
Figura 4.6. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, ajuste pelo modelo de Peleg	75
Figura 4.7. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, ajuste pelo modelo de GAB	76
Figura 4.8. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, ajuste pelo modelo de Oswin	77

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Dissertação de Mestrado: **Secagem da polpa de pitanga e armazenamento do pó**

Autora: **Hofsky Vieira Alexandre**

Orientadores: **Prof^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Prof. Alexandre José de Melo Queiroz

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de se produzir polpa de pitanga (*Eugenia flora* Surinam cherry) em pó a partir da polpa integral, caracterizá-la e estudar sua estabilidade mediante o acompanhamento da evolução de suas propriedades durante o armazenamento por um período de 60 dias, em dois tipos de embalagem, laminada e polietileno, expostas a temperatura ambiente. As polpas emulsificadas foram secas utilizando estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70°C e os dados ajustados pelas equações de Page, Henderson & Pabis e Lewis. A pitanga em pó utilizada nos ensaios de armazenamento foi apenas seca à temperatura de 70°C. A caracterização da polpa integral consistiu na determinação de umidade, sólidos totais, ácido ascórbico, sólidos solúveis totais (°Brix), pH, acidez total titulável, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, densidade, cinzas e cor. A polpa em pó armazenada foi caracterizada a cada 10 dias quanto a umidade, massa, ácido ascórbico, pH, acidez total titulável, açúcares redutores, açúcares não redutores, açúcares totais e cor. Amostras de pó foram utilizadas para a determinação das isotermas de adsorção de umidade e os dados ajustados usando as equações de Peleg, GAB e Oswin. Durante o armazenamento o ácido ascórbico e a acidez total titulável sofreram reduções nas amostras armazenadas nas duas embalagens, enquanto o teor de umidade se manteve constante na embalagem laminada. Nos parâmetros de cor, a luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo sofreram reduções, resultando no escurecimento dos materiais. Verifica-se que durante o armazenamento as embalagens laminadas protegeram melhor as amostras, indicando uma melhor conservação das amostras nesse tipo de acondicionamento. Das equações utilizadas para o ajuste da cinética de secagem a de Page apresentou os maiores valores de R^2 ajustando-se melhor aos dados observados. Os melhores ajustes aos dados das isotermas de adsorção de umidade foram obtidos utilizando-se o modelo de Peleg.

Palavras chave: pitanga, secagem, armazenamento, isotermas

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA AGRÍCOLA**

M. Sc. Thesis: **Drying of the pulp of red brazilian cherry and storage of the powder**

Author: **Hofsky Vieira Alexandre**

Supervisors: **Prof^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Prof. Alexandre José de Melo Queiroz

ABSTRACT

This work was developed with the objective of producing powdered pulp of red Brazilian cherry (*Eugenia flora* Surinam cherry) from the whole pulp, characterizing and studying its stability through the evolution accompaniment of its properties during 60 days of storage, in two types of packing — plated and polyethylene — at room temperature. The emulsified pulp was dried using stove with air circulation at 50, 60 and 70°C and the data was fitted by the equations of Page, Henderson & Pabis and Lewis. The powdered red Brazilian cherry used in the storage tests was dried at 70°C. The characterization of the whole pulp consisted of determining moisture, total solids, ascorbic acid, soluble solids (°Brix), pH, titratable acidity, total sugars, reducing sugars, non-reducing sugars, density, leached ashes and color. The powdered pulp stored was observed every 10 days as to determine the moisture, mass, ascorbic acid, pH, titratable acidity, reducing sugars, non-reducing sugars, total sugars and color. Powder samples were used for determining the moisture adsorption's isotherms, and the data was fitted using the equations of Peleg, GAB and Oswin. During the storage period, the ascorbic acid and the titratable acidity were reduced in the samples in the two packages while the moisture content was kept constant in the plated packing. In the color parameters, the brightness and the redness and yellowness suffered reductions, resulting in darkening of the materials. Plated packages were found to protect the samples better within the storage period. Thus, a better conservation was achieved in this type of packing. Of the equations used for the fitment of the drying kinetic, the Page equation presented the highest values of R^2 , indicating a better adjustment to the observed data. The data of the moisture adsorption's isotherm had the best adjustments using the Peleg model.

Key words : red Brazilian cherry, drying, storage, isotherm

1. INTRODUÇÃO

As frutas e vegetais exercem um papel fundamental na nutrição humana, constituindo fontes indispensáveis de nutrientes, vitaminas e minerais. Por apresentarem um alto teor de umidade (cerca de 80%) são altamente perecíveis e por isso devem ser refrigeradas ou processadas o mais rapidamente possível após a colheita, a fim de diminuir as perdas. Em alguns países de clima tropical e subtropical, estas perdas podem chegar a aproximadamente 40-50% da produção devido à inadequada refrigeração e armazenamento.

Bem adaptada às condições climáticas do Nordeste a pitangueira apresenta grande potencial econômico de exploração para fruticultura desta Região, e é encontrada em quase todo território nacional. Trata-se de fruto bastante apreciado devido ao seu valor nutritivo, sabor agradável e refrescante. Porém, a conservação, o armazenamento e transporte a longas distâncias de pitangas maduras são ainda difíceis por serem extremamente perecíveis. A delicadeza de sua forma e estrutura, e a pele muito frágil tornam a pitanga sensível a danos mecânicos durante a colheita, transporte e manuseio. Esses danos propiciam o desenvolvimento de fungos e reações enzimáticas adversas, resultando em rápida deterioração, representando um obstáculo para sua comercialização. Assim, a vida útil pós-colheita da pitanga madura é muito curta, sendo estimada em cerca de 2 dias à temperatura ambiente quando colhidas maduras (BEZERRA et al., 2000; EPSTAIN, 1998).

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 maléficas dos fatores que condicionam sua deterioração. De acordo com JAYARAMAN & 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.

Podem ser citados como fatores responsáveis pela alteração ou deterioração dos alimentos o ar, a luz, as reações químicas e os microrganismos. Controlados esses fatores, pode-se aumentar a vida útil dos alimentos, por meio das mudanças de temperatura, de atividade de água, do valor do pH, do potencial de oxiredução, através da destruição de microrganismos ou com o uso da proteção da embalagem (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998).

A desidratação, além de ser utilizada como um método de conservação impedindo a deterioração e perda do valor comercial, objetiva também o refinamento do alimento, com a conseqüente introdução de um novo produto no mercado, o que usualmente vem motivar os investimentos de produção e beneficiamento agrícola, face aos benefícios monetários que derivam da transformação do produto (UNIFEM, 1989).

Os produtos alimentícios em pó são atualmente cada vez mais utilizados pela indústria nacional de alimentos, tendo em vista que tais produtos reduzem significativamente os custos de certas operações, tais como: embalagem, transporte, armazenamento e conservação, elevando o valor agregado dos mesmos (DA COSTA et al., 2003).

Visando a uma fácil conservação, existe um processo de desidratação, denominado secagem em camada de espuma, através do qual o suco de frutas ou vegetais é desidratado apresentando-se, ao final do processo, em estado sólido amorfo ou cristalino, contendo quantidade de água reduzida, resultando em material de fácil hidratação ao se reconstituir o suco natural da fruta ou vegetal utilizado e tendo, como principal finalidade, a redução de peso e volume, através da eliminação da água (SILVA, 1971).

1.1. Objetivo geral

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de produzir, caracterizar e avaliar a estabilidade da pitanga (*Eugenia uniflora* L.) em pó, elaborada pelo método de secagem em camada de espuma.

1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar físico-quimicamente a polpa de pitanga integral e produzir pitanga em pó.
- Avaliar físico-quimicamente a pitanga em pó durante 60 dias, armazenada sob condições ambientais em embalagens de polietileno e laminada, monitorando-se a evolução de suas características por meio da determinação dos parâmetros ácido ascórbico, umidade, pH, acidez total titulável, cinzas, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, cor e acompanhamento da massa.

- Estudar a cinética de secagem da polpa de pitanga nas temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C.

- Determinar as isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó nas temperaturas de 10°C, 20°C, 30°C e 40°C.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A pitanga

Planta nativa do Brasil, a pitangueira (*Eugenia uniflora* L) é uma Dicotyledonae, pertencente à família das Mirtáceas. É um arbusto ou árvoreta, que pode chegar até a 10 m de altura. Tronco tortuoso, irregular, liso com manchas claras acinzentadas, provenientes da eliminação da casca fina, em placas. Folhas simples, opostas, ovadas ou ovado-oblongas, de bordas lisas, glabras, de coloração verde-escura quando maduras e claras na brotação, brilhantes e sub-coriáceas, parcialmente caducas por ocasião do aparecimento das flores. Flores brancas, reunidas em 2 a 6 feixes terminais ou na axila das folhas ou nos ramos, ligeiramente vistosas, pedicelo longo, que florescem de agosto a novembro (BEZERRA et al., 2004).

A pitanga é um fruto tropical, nativo das regiões Sul e Sudeste do Brasil e que tem se adaptado favoravelmente às condições climáticas e edáficas da Região Nordeste (GOMES, 1975).

Reproduz-se em regiões de clima tropical e subtropical e sua frutificação é de outubro a janeiro. A pitanga é um fruto extremamente perecível, de excelente qualidade sensorial e de pele muito frágil, o que a torna sensível a danos pós-colheita (GLASS, 1997).

Devido a sua disponibilidade as mais distintas condições de solo e clima, a pitangueira foi disseminada e é atualmente encontrada nas mais variadas regiões do globo (BEZERRA et al., 2000). No Brasil, o primeiro plantio racional em escala comercial de pitangueiras foi instalado no município de Bonito, no Agreste de Pernambuco, pelas indústrias alimentícias Maguary, existindo nesse estado cerca de 10 hectares com essa cultura, em diferentes idades e estágios de desenvolvimento (GLASS, 1997). Estima-se que o Estado de Pernambuco seja o maior produtor de pitanga em escala comercial com uma produção anual entre 1.300 e 1.700 ton/ano (EPSTEIN, 1998).

Algumas Myrtaceae, como *Eugenia uniflora* L., apresentam vantagens sobre outras frutíferas cultivadas por serem mais eficientes no acúmulo de nutrientes nos frutos principalmente nos cultivos em solos de baixa fertilidade (NASCIMENTO et al., 1995).

No Brasil não se conhecem variedades perfeitamente definidas de pitangueira e em Pernambuco é comum encontrar pitanga de coloração variando de alaranjada a avermelhada (LEDERMAN et al., 1992).

O fruto (Figura 2.1) é uma baga globosa, com sete a dez sulcos longitudinais de 1,5 a 5 cm de diâmetro, coroado com sépalas persistentes que possui aroma característico intenso e sabor doce e ácido. No processo de maturação, o epicarpo passa de verde para amarelo, alaranjado, vermelho, vermelho-escuro, podendo chegar até quase negro (BEZERRA et al., 2000). Em média possui 77% de polpa e 23% de semente, é rico em vitaminas A, C e as do complexo B, apresentando também cálcio, ferro e fósforo (GLASS, 1997; BEZERRA et al., 2000).



Figura 2.1. Pitanga

É consumido tanto *in natura* quanto industrializado na forma de sucos, polpas, doces, sorvetes, geléia e outros, demonstrando a grande capacidade que essa frutífera tem para contribuir com o desenvolvimento da região semi-árida, de forma especial com a industrialização caseira dos produtos derivados.

O conhecimento da composição físico-química de um fruto é importante sob muitos aspectos e, particularmente, para o processamento de doce em massa, é imprescindível o conhecimento do pH, pectina e açúcares totais, para balanceamento correto da relação polpa: açúcar e acidez, a fim de resultar em um produto de bom paladar e estável durante o armazenamento (RAUCH, 1987).

Tem-se na Tabela 2.1 valores de referência da composição química da pitanga.

Tabela 2.1. Composição química dos frutos da pitangueira (*Eugenia uniflora*)

Parâmetro	Valor
Energia (kcal)	30,0
Proteínas (%)	0,76
Lipídios (%)	0,23
Fibra alimentar total (%)	2,10
Vitamina C (mg/100g)	16,0
Potássio (mg/100g)	29,07
Cálcio (mg/100g)	5,41
Fósforo (mg/100g)	8,75
Ferro (mg/100g)	0,75

Fonte: GUIMARÃES et al. (1982); CALVACANTE (1991); GUIMARÃES (1983); SALGADO et al. (1999).

Encontra-se na Tabela 2.2 valores médios de parâmetros químicos e físico-químicos da polpa integral de pitanga.

Tabela 2.2. Composição química e físico-química da polpa integral de pitanga

Parâmetro	Valor
Umidade (%)	87,25
pH	4,85
Sólidos solúveis (°Brix)	9,4
Cinzas (%)	0,28
Acidez titulável (% ácido cítrico)	1,6
Açúcares totais (% glicose)	7,72
Açúcares redutores (% glicose)	7,06
Açúcares não-redutores (% sacarose)	0,63

Fonte: ALMEIDA & VALSECHI (1996); MELO et al. (2000); GUIMARÃES et al. (1982).

2.2. Características químicas, físico-químicas e físicas

Os parâmetros físico-químicos e químicos dos alimentos são de grande importância pois, além de caracterizar a matéria prima, são utilizados no controle da qualidade do produto final.

Quando se trabalha com processamento de frutas, é imprescindível que seja realizada a sua caracterização, para que o produto obtido chegue ao consumidor apresentando ótima qualidade e maior vida de prateleira (GOMES, 2003).

O conhecimento da composição físico-química, bioquímica, nutricional e física é essencial para se avaliar a qualidade do produto a ser industrializado.

2.2.1. Umidade/Sólidos totais

A umidade de um alimento é de grande importância por razões diversas, porém, sua determinação precisa é muito difícil, uma vez que a água ocorre nos alimentos de três diferentes maneiras: água ligada, água disponível e água livre. A técnica gravimétrica com o emprego de calor é a mais utilizada e baseia-se na determinação da perda de peso de alimento que se decompõe ou iniciam transformações a temperatura de 105°C (ALDRIGUE et al., 2002).

Os frutos são alimentos que apresentam elevados teores de umidade, e por isso, estão sujeitos a sofrer inúmeras alterações, uma vez que a água (solvente universal de todos os sistemas biológicos) é o principal veículo de alterações de natureza química e bioquímica nos alimentos. A determinação de umidade é uma das medidas mais importante e utilizada na análise de alimentos. A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar o armazenamento, a embalagem e o processamento (BRASIL & GUIMARÃES, 1998; OLIVEIRA et al., 1999).

Segundo CASTRO et al. (1998) a água contida nos alimentos é excelente meio de transmissão de calor, sendo eficiente tanto para resfriar quanto para aquecer. Nos alimentos a água livre é fracamente ligada ao substrato e funciona como solvente, permitindo o crescimento de microrganismos e as reações químicas; e a água combinada é fortemente ligada ao substrato, mais difícil de ser eliminada, e não é utilizada como solvente nem para o crescimento de microrganismos e nem para reações químicas.

A matéria seca ou sólidos totais é composta de proteínas, lipídios, glicídios, sais minerais, vitaminas, ácidos orgânicos, pigmentos e outras substâncias fisiológicas ativas ou não, podendo ser divididos em duas classes: aquo-solúvel ou solúvel em água e aquo-insolúvel, cujo conhecimento facilita a identificação laboratorial da composição da matéria-prima em estudo. A quantidade de matéria seca serve para comparar o valor nutritivo de dois ou mais alimentos, dá idéia de preservação. Os sólidos totais são obtidos

pela diferença entre o peso total da amostra e o teor de umidade (CHAVES, 2004; CECCHI, 1999).

2.2.2. pH

De acordo com GOMES (2002) pH é a acidez da fruta ou de um alimento qualquer, devendo-se ao fato de que os ácidos presentes nos alimentos se encontram parcialmente na forma molecular e, parcialmente, na forma dissociada, que é a que apresenta as propriedades ácidas.

Vários fatores tornam importante, a determinação do pH de um alimento, tais como: influência na palatabilidade, desenvolvimento de microrganismos, escolha da temperatura de esterilização, escolha da embalagem que será utilizada para o alimento, escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção, escolha do equipamento com o qual vai se trabalhar na indústria, escolha de aditivos e vários outros (CHAVES, 1993).

CHITARRA & CHITARRA (1990) mencionaram que a capacidade reguladora de alguns sucos pode levar a grande variação na acidez titulável, sem que isto afete grandemente o pH. Relataram ainda que uma pequena variação nos valores do pH é facilmente detectável em testes sensoriais.

Segundo LEITÃO (1980) o pH é uma característica intrínseca do alimento, de fundamental importância na limitação dos tipos de microrganismos capazes de se desenvolverem e na maior ou menor facilidade de conservação.

Tanto o controle do crescimento quanto o desenvolvimento de microrganismos em alimentos por meio do uso de conservantes químicos, estão relacionados com o pH do meio. A forma não dissociada da molécula é que confere a característica antimicrobiológica aos conservadores químicos. A concentração da forma não-dissociada aumenta com o aumento da acidez do alimento, garantindo maior eficiência no controle de microrganismos (ARAÚJO, 1995).

De acordo com LIMA & SOUZA (2002) as frutas tem pH muito baixo em comparação com outros alimentos. Devido a este fato os mesmos são alterados fundamentalmente por bolores. As leveduras, que se encontram na superfície dos tegumentos, se desenvolvem nos sucos depois da destruição das paredes celulares.

2.2.3. Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis indicam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa. São comumente designados como °Brix, e têm tendência de aumento com a maturação. Neste contexto, os graus brix podem ser considerados como indicativo da concentração da polpa, índice de maturação da fruta e pontos inicial e final de doces e geléias. Os sólidos solúveis podem ser medidos no campo ou na indústria, com o auxílio de refratômetros (CHITARRA & CHITARRA, 1990; INSTITUTO ADOLF LUTZ, 1985).

O °Brix é utilizado na agroindústria, para intensificar o controle da qualidade do produto final, controle de processos, ingredientes e outros, tais como: doces, sucos, néctar, polpas, leite condensado, álcool, açúcar, sorvetes, licores e bebidas em geral, entre outros (CHAVES et al., 2004).

Os sólidos solúveis totais (°Brix) são usados como índice de maturidade para alguns frutos, e indicam a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidos no suco, sendo constituído na sua maioria por açúcares (ALVES, 1996).

De acordo com CIABOTTI (2000) é enorme a importância de sólidos solúveis para a agroindústria, pois auxilia no controle de qualidade do produto final, controle de processos, controle de ingredientes e de produtos utilizados em indústrias de doces, sucos, néctares, polpas, leite condensado, álcool, açúcar, licores, sorvetes, bebidas em geral, etc.

2.2.4. Acidez total titulável

A determinação da acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a conservação dos íons hidrogênio. Os métodos de determinação da acidez podem ser os que avaliam a acidez titulável ou que fornecem a concentração de íons-hidrogênio livres, por meio do pH. Os métodos que avaliam a acidez titulável resumem-se em titular, com solução de álcali padrão, a acidez do produto (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

CECCHI (1999) relatou que os ácidos orgânicos (cítrico, málico, oxálico, succínico e tartárico) presentes em alimentos, influenciam o sabor, o odor, a cor, a estabilidade e a manutenção de qualidade. A acidez titulável de frutas varia de 0,2 a 0,3% em frutas de baixa acidez (maçã vermelha e banana) e acima de 6% em limão.

KEFFORD & CHANDLER (1970) relataram que o gosto azedo é o principal fator de aceitabilidade de frutos cítricos e de seus sucos, disso decorre a sua importância.

De acordo com BLEINROTH (1988), o teor de acidez total aumenta com o completo desenvolvimento fisiológico da fruta e decresce com o seu amadurecimento, mas, em alguns casos, ocorre um pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação. Entretanto, as mudanças que ocorrem na concentração de ácidos orgânicos durante o desenvolvimento, diferem para cada tipo de fruto (CHITARRA, 1998).

2.2.5. Vitamina C

As frutas e vegetais são responsáveis por 95% das fontes de ácido ascórbico da alimentação humana, sendo este ácido um dos mais importantes nutrientes encontrados nestes alimentos (HENSHALL, 1981).

O ácido ascórbico (vitamina C) tem função muito importante devido a sua ação fortemente redutora. É largamente empregado como agente antioxidante para estabilizar a cor e o aroma do alimento. Além do emprego como conservante, o ácido ascórbico é utilizado para enriquecimento de alimentos ou restauração, a níveis normais, do valor nutricional perdido durante o processamento (ALDRIGUE et al., 2002).

CARVALHO & GUERRA (1995) relataram que a composição dos frutos depende de fatores tais como condições climáticas, cultivar, tratamentos culturais, estágio de maturação, entre outros, podendo inclusive ser modificada pelo processamento e armazenamento, condições que vão interferir no conteúdo de ácido ascórbico.

A vitamina C é encontrada em concentrações razoáveis em todas as plantas superiores. Os vegetais verdes frescos e as frutas cítricas são considerados fontes extremamente ricas de vitamina C. A principal causa da sua degradação é a oxidação aeróbica ou anaeróbica, ambas levam à formação de furaldeídos, compostos que polimerizam facilmente, com formação de pigmentos escuros. É também rapidamente destruída pela ação da luz (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

Dentre as frutas ricas em ácido ascórbico, destaca-se a cereja do Pará com teor de 1.790mg/100g de ácido ascórbico, o caju, com suas variedades amarela e vermelha, goiaba, a manga, as frutas cítricas e um grande número de outras frutas (FRANCO, 1998).

Cerca de 90% das necessidades de vitamina C do homem advêm de frutos e hortaliças. É o componente nutricional mais importante; embora na maioria dos frutos seu

teor não exceda a 0,3%. Sua quantificação é importante, principalmente, para a padronização de sucos (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Segundo BRASIL & GUIMARÃES (1998), a maior perda de vitamina C se dá com o aquecimento dos alimentos. De modo geral, sua estabilidade é aumentada com o abaixamento da temperatura, procedimento que não evita as possíveis perdas no congelamento, ou armazenamento a baixas temperaturas.

2.2.6. Cinzas

Cinzas ou resíduo mineral é o produto que se obtém após aquecimento de uma amostra, a uma temperatura de 500 a 600°C, ou seja, até o aquecimento ao rubro, durante 4 horas ou até a combustão total da matéria orgânica. Essa determinação fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais. O teor de cinzas pode permitir, às vezes, uma estimativa das riquezas de cálcio e fósforo do alimento analisado; porém, alguns alimentos de origem vegetal são, ainda ricos em sílica, o que resulta num teor elevado de cinzas. A determinação das cinzas ou matéria mineral é feita muitas vezes apenas para se conhecer o extrato não nitrogenado e/ou a matéria orgânica de determinadas amostras, sem a preocupação do teor de minerais (SILVA, 1981).

De acordo com CHAVES et al. (2004) as cinzas são consideradas como medida geral de qualidade e freqüentemente é utilizada como critério na identificação dos alimentos.

Segundo OLIVEIRA (1997), a determinação das cinzas é considerada medida geral de qualidade, sendo freqüentemente utilizada como critério na identificação dos alimentos: o teor muito alto de cinzas indica presença de adulterantes. As cinzas contêm componentes minerais, dentre eles: cálcio, magnésio, ferro, fósforo, chumbo, mercúrio e outros componentes minerais.

2.2.7. Açúcares

Açúcares são geralmente sólidos cristalinos, incolores e têm sabor doce. São os compostos naturais com sabor doce mais conhecido e, entre eles, a sacarose é um dos adoçantes mais antigos, uma vez que os primeiros documentos escritos encontrados já fazem referência a esse composto (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

Na análise de alimentos, a identificação dos açúcares presentes numa amostra quase sempre depende da natureza dos produtos. Em muitos casos, uma simples medida físico-química é suficiente para sua determinação, em outros, torna-se necessário uma separação dos açúcares componentes (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

CHITARRA (1998) relatou que os principais açúcares encontrados nos frutos são a glicose, a frutose e a sacarose, variando suas concentrações em função da espécie e do cultivar. Geralmente com a maturação dos frutos, o teor de açúcares aumenta. O teor individual dos açúcares como a glicose, sacarose e frutose é importante quando se deseja quantificar o grau de doçura do produto, uma vez que o poder adoçante desses açúcares é variável. Os açúcares solúveis presentes nos frutos, na forma livre ou combinada, são responsáveis pela doçura, pelo flavor, através do balanço com os ácidos; pela cor atrativa, como derivados das antocianidinas; e pela textura quando combinados adequadamente com os polissacarídeos estruturais.

FERREIRA et al. (2000) mencionaram que entre os carboidratos se encontram em primeiro lugar os açúcares, que podem ser considerados como as principais substâncias das frutas. Os diversos grupos de frutas contêm as seguintes quantidades de açúcares: frutas com sementes de 8 a 15%; frutas com caroço de 6 a 12%; uvas de 13 a 20% e as diversas espécies de laranjas de 3 a 13%.

AWAD (1993) relatou que os frutos são uma fonte de energia e a concentração de açúcares na polpa da maioria deles se situa na proximidade de 10% com vários tipos de frutas apresentando valores bem superiores (banana, manga, caqui e uva).

Os frutos carnosos têm como característica comum sua riqueza em açúcares e acidez relativamente elevada. As pentoses, e mais concretamente, as riboses são açúcares redutores mais reativos. As hexoses (glicose, frutose) são um pouco menos reativas e os dissacarídeos redutores (lactose, maltose) menos ainda (OLIVEIRA et al., 1999).

2.2.8. Densidade

Segundo SALVAGNINI (2000) a densidade também é conhecida por massa específica ou gravidade específica, corresponde a concentração total de sólidos, gases e substâncias em suspensão dissolvidos na água. Atualmente, estão disponíveis medidores eletrônicos de líquidos, onde pequenas amostras de líquido são colocadas em um oscilador mecânico e a densidade é determinada medindo-se a frequência de ressonância que está em função da densidade do material, a vantagem é que não é necessário determinar a massa

nem o volume da amostra, o que torna a medida extremamente rápida. Por um longo período, o picnômetro foi o único método preciso para determinação da densidade e, por este motivo, muitas normas ainda referenciam, em suas linhas este método; picnômetros são sempre utilizados com balanças para determinar a massa de uma amostra volumétrica.

2.3. Secagem

KEEY (1972) define secagem como sendo a remoção de uma substância volátil (comumente, mas não exclusivamente, água) de um produto sólido, isto é, a operação na qual a atividade de água de um alimento é diminuída pela remoção da água, através de sua vaporização. A água presente no sólido é chamada de umidade. Portanto, a secagem é caracterizada pela evaporação da água do material biológico.

A secagem é um processo complexo que envolve a transferência de calor, massa e quantidade de movimento linear, sendo que, o transporte de umidade, do interior para a superfície do material, pode ocorrer na forma de líquido e/ou vapor, dependendo do tipo de produto e do percentual de umidade presente. O processo de secagem deve ocorrer de maneira controlada, para que possa ocorrer de maneira uniforme, evitando elevados gradientes de umidade e temperatura no interior do material que podem provocar a perda da qualidade do produto. Sabendo-se que os efeitos da secagem alteram as propriedades físicas e químicas do produto e estas por sua vez afetam o processo de transferência de calor e massa é fundamental conhecer os seus efeitos e o controle dos mesmos (FARIAS, 2002).

A secagem de produtos alimentares tem sido objeto de especial interesse na indústria de alimentos. De acordo com VAZQUEZ et al. (1997), os principais benefícios da secagem de alimentos são sua prolongada preservação, que permite ser comercializado em épocas de entressafra, além de reduzir a massa e o volume permitindo um transporte mais econômico.

A secagem é o processo comercial mais utilizado para conservar o alimento, pois quando comparado com outros métodos de preservação para períodos longos, como a centrifugação, o enlatamento, os tratamentos químicos, a irradiação, entre outros, é de custo mais baixo e de operação mais simples, podendo realizar-se por meio natural expondo o produto ao sol e artificial por meio de secadores mecânicos (FARIAS, 2002). A secagem visa preparar o produto para a armazenagem, entretanto, se mal conduzida, poderá prejudicar a qualidade comercial do produto antes mesmo da armazenagem, ou por

outro lado, acelerar o processo de deterioração durante a armazenagem (NASCIMENTO, 2002).

As alterações do valor nutritivo e propriedades sensoriais (cor, sabor, aroma, etc.) de um alimento seco, depende do método, tempo e temperatura de secagem. A retenção de vitaminas nos alimentos desidratados em secadores com trocador de calor é geralmente superior à dos alimentos secos ao sol (GAVA, 1998).

Atualmente, percebe-se um refortalecimento da secagem de produtos agropecuários devido à retomada da discussão da recuperação da qualidade de vida, que insere a importância de preparo de refeições saudáveis, mas com as limitações do tempo imposto pela vida moderna. Outro fator é a crescente demanda das indústrias que produzem alimentos chamados de instantâneos (prontos e semiprontos) que utilizam alimentos secos como matéria-prima. A facilidade de manuseio e de armazenagem dos produtos secos também é um importante fator no atual mundo globalizado. Além disso, os alimentos secos retomam seu mercado devido ao seu preço compatível com os alimentos processados denominados de “pratos-prontos” (PARK et al., 2002).

As perdas pós-colheita, quantitativas e qualitativas atingem proporções preocupantes e que, via de regra, são causadas quer pela escolha de cultivares inadequados, quer pela não utilização ou disponibilidade de técnicas adequadas de pós-colheita, principalmente quanto ao acondicionamento, uso de equipamentos obsoletos, mal conservados ou mal operados, transporte e conservação das matérias-primas agropecuárias, fases que antecedem a sua industrialização (ABIA, 1993).

As frutas tropicais e subtropicais têm sido e seguem sendo muito popular em todo o mundo. No entanto, existem perdas de até 30% destes produtos nos países em desenvolvimento por falta de facilidade e conhecimento dos meios de conservação (ULLHOA et al., 1990).

Segundo FREIRE (1992) a secagem de pastas é uma operação extremamente complexa em virtude da grande diversidade de seus tipos, com características muito distintas. Não existe um único equipamento que possa ser recomendado para a secagem de todos os tipos de materiais pastosos. A escolha da técnica a ser utilizada, requer um estudo específico para a determinação do método mais adequado para a sua secagem.

Existem inúmeros métodos destinados à desidratação de alimentos, desde os mais avançados direcionados a produção em grande escala, aos mais simples direcionados ao pequeno produtor, como a desidratação solar (mecânica e natural), sala de secagem, forno doméstico e desidratador (CRUZ, 1990).

2.3.1. Secagem em camada de espuma

A secagem em camada de espuma é um processo no qual alimentos líquidos são batidos até formarem espuma estáveis e então são secos (MORGAN et al., 1961; HART et al., 1963; BERRY et al., 1965).

Desenvolvido em 1959, por Arthur Morgan Jr. e colaboradores na “Western Utilization Research and Development Division” do “U.S. Department of Agriculture”, na Albânia, Califórnia, o processo de secagem em camada de espuma, possibilitou a secagem de inúmeros materiais, já que remove umidade de materiais sensíveis sob condições suaves (UBOLDI, 1971).

Esse processo de secagem consiste, basicamente em três etapas: produção de espuma estável, secagem da espuma em forma de capa delgada, desintegração da massa em escamas e por fim em pó (UBOLDI, 1971).

O teor de sólidos solúveis e insolúveis, a formação e a estabilidade da espuma, são afetados pela natureza química das frutas, natureza do agente emulsionante, natureza e concentração de estabilizador da espuma, sendo variáveis de menor importância a concentração do agente emulsionante, tempo e temperatura de emulsão, consistência, etc. (BATES, 1963).

Segundo TRAVAGLINI et al. (2001), este processo consiste basicamente no preparo de purê, suco ou polpa concentrada em forma de uma espuma estável que, distribuída em uma camada fina, é submetida a uma corrente de ar quente, até desidratação final.

De acordo com UBOLDI (1971), este processo de secagem mantém alta qualidade dos produtos sob armazenamento, não requerendo condições de refrigeração para o uso normal, mas oferecendo grandes possibilidades comerciais, sendo aplicadas em: café, sucos de laranja, grapefruit, uva, carambola, abacaxi, coco, batatas, alimento para crianças, leites, purês de abricó, ameixa, maçã, sopas, cremes, ovos, tomate e outros produtos instantâneos.

2.3.2. Modelos matemáticos

Existe um grande número de modelos matemáticos disponíveis na literatura para predição das curvas de secagem de alimentos e uma das maneiras de representar a secagem de produtos, adaptada para a secagem de uma camada simples foi desenvolvida por Page

(Equação 2.1). Uma modificação empírica simples sobre a lei exponencial permite obter um método mais preciso para descrever mudanças nos dados medidos, especialmente para o estágio inicial da secagem. Contudo, a introdução do expoente n torna o modelo teórico um modelo puramente empírico. O parâmetro n possui um efeito de moderação do tempo e corrige os possíveis erros resultantes da negligência da resistência interna para a transferência de umidade (AZZOUZ et al., 1998). A constante de secagem foi investigada por vários pesquisadores e foi estabelecido que K pode ser descrita como uma equação do tipo Arrhenius como uma função da temperatura do ar de secagem (RATTANAPANT, 1955; HENDERSON & PABIS, 1961).

$$RU = \exp(-kt^n) \quad (2.1)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

k - constante da velocidade de secagem (1/h)

n - constantes do modelo

t - tempo (min)

O modelo de PAGE (1949) tem sido usado com sucesso para a obtenção das curvas de secagem de vários produtos tais como: banana, feijão, urucum, chicória, etc. GUEDES & FARIAS (2000) utilizaram entre outros modelos o de Page para expressar a curva de secagem de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.), com base em dados experimentais obtidos em um secador convectivo de leito fixo, concluindo que este modelo foi o que apresentou maior grau de ajuste aos dados.

O modelo de Lewis (Equação 2.2) assume que a taxa de secagem é proporcional à diferença entre o conteúdo de umidade médio em um determinado tempo, t , e o conteúdo de umidade de equilíbrio do material. A equação de LEWIS (1921) foi empregada, no estudo de CHEN & WU (2001), na secagem em camada delgada de arroz em casca com alto teor de umidade.

$$RU = \exp(-kt) \quad (2.2)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

k - constante da velocidade de secagem (1/h)

t - tempo (min)

O modelo de HENDERSON & PABIS (1961), (Equação 2.3), foi utilizada por GUNHAN et al. (2004), entre outros modelos, para predição das curvas de secagem de orégano em secador com temperaturas (40, 50 e 60 °C).

$$RU = a \exp(-kt) \quad (2.3)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

a - constante de secagem do modelo (adimensional)

t - tempo (min)

2.4. Aditivos

Segundo o Ministério da Saúde BRASIL (1997), aditivo alimentar é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem o propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenamento, transporte ou manipulação de um alimento. Ao agregar-se, poderá fazer com que o próprio aditivo ou seus derivados se convertam em um componente de tal alimento, que podem reagir com açúcares ou proteínas. Essa definição não inclui os contaminantes ou as substâncias nutritivas que são incorporadas ao alimento para manter ou melhorar suas propriedades nutricionais, tais como as vitaminas ou sais minerais.

O emprego de aditivos químicos em alimentos é motivo de muita polêmica, gerando controvérsias que envolvem consumidores, indústria, pesquisadores e governo (PRADO, 2004).

Segundo SILVA (2003), os aditivos são substâncias capazes de conservar e melhorar a qualidade dos alimentos. Antigamente, os aditivos utilizados eram o sal para preservar carnes e peixes, ervas e temperos para melhorar o sabor dos alimentos, açúcar para preservar frutas e vinagre para conservar pepinos e outros vegetais; entretanto, com o

advento da vida moderna, mais aditivos têm sido empregados a cada ano, melhorando a qualidade dos produtos industrializados. Na desidratação pelo método de secagem em camada de espuma, geralmente se utilizam espessantes e estabilizantes na formulação das amostras.

Os espessantes são substâncias capazes de aumentar a viscosidade de soluções, emulsões e suspensões (DZIEZAK, 1991).

A grande maioria dos espessantes é proveniente de carboidratos naturais (carragena, goma guar e goma arábica) ou modificados quimicamente de carboximetil celulose (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998).

Segundo BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998) os estabilizantes são substâncias que favorecem e mantêm as características físicas das emulsões e das suspensões. A atuação de agentes estabilizantes encontra utilidade na estabilização de suspensões, emulsões e espumas com dispersão de sólidos, de líquidos e de gases, respectivamente.

Os principais estabilizantes são os polissacarídeos, em geral utilizados em emulsões e suspensões como maioneses, margarinas, molhos, massas, sorvetes, balas, cremes e geléias, produtos que devem ter aparência uniforme. As funções e propriedades dos estabilizantes são: controlar a textura, palatabilidade e atratividade dos alimentos (CALIL, 1999).

Segundo BHANDARI et al. (1993) o uso de aditivos para facilitar a secagem e melhorar as propriedades para o transporte e armazenagem dos pós é inevitável, pois a alta higroscopicidade e termoplasticidade natural dos pós que são obtidos de sucos de frutas causam problemas, como: adesão nas paredes do secador, dificultam o manuseio, endurecimento, entre outros.

2.5. Embalagem

Segundo LOX (1994) embalagem é definida como todos os produtos feitos de quaisquer materiais para serem usados no confinamento, proteção, manuseio, distribuição e apresentação de bens, desde as matérias primas aos bens processados, desde o produtor ao consumidor. As embalagens de bens alimentares são principalmente constituídas de plástico, vidro, papel e cartão, aço, alumínio e madeira.

A embalagem pode servir a um objetivo específico ou atender às múltiplas necessidades. Entretanto, MOURA & BANZATO (1990) afirmam que, para que uma embalagem seja perfeita, deve contribuir para as seguintes metas, entre outras : preservar o

produto na armazenagem, facilitar ao consumidor o uso do produto, facilitar o manuseio, estocagem e transporte e atender às regulamentações governamentais quanto à segurança e saúde do consumidor. Estes fatores, combinados ou não, devem ser cuidadosamente observados na determinação do conceito de uma embalagem. Considera-se tais fatores complementares às características das embalagens.

O desenvolvimento da embalagem começa com a origem do homem. Artefatos mais antigos nos dão uma idéia de quando certas embalagens foram usadas pela primeira vez (ROMANO, 1996). As embalagens apresentam uma ampla variedade de formas, modelos, materiais, tamanhos e cores. Fazem parte de nossa vida diária de diversas maneiras, algumas reconhecidas conscientemente, outras de influência bem sutil, todas, porém, proporcionando benefícios que justificam a sua existência pois fazem parte do nosso cotidiano, tornando difícil imaginar a vida atual sem as mesmas (LETRAS, 2001; ROMANO, 1996).

As embalagens são um elemento fundamental de quase todos os sistemas de produção. Apesar da contenção do produto, proteção, estética e fornecimento de informação serem os aspectos principais que influenciam o design de embalagens, as embalagens têm sido alvo de diversas análises ambientais nas últimas décadas e a componente ambiental tem assumido cada vez mais importância na concepção dessas (KEOLEIAN & SPITZLEY, 1999).

De acordo com ROMANO (1996) o produto não pode ser planejado separado da embalagem, que por sua vez, não deve ser definida apenas com base no bom senso, pois integra um sistema complexo de materiais, funções, formas e processos de engenharia, marketing, comunicação, legislação e economia.

Segundo PONGRÁCZ (1998) citado por RIBEIRO (2002) as embalagens são fundamentais para a obtenção de bens de primeira necessidade e para satisfazer as necessidades dos consumidores. Nos produtos alimentares, a embalagem apresenta um papel especialmente relevante, uma vez que reduz substancialmente o desperdício de gêneros alimentícios impedindo a degradação dos mesmos. Estima-se que, com o aumento de 1% de embalagens, o desperdício alimentar diminui 1,6%.

Segundo MOURA & BANZATO (1990) embalagem para armazenar tem a função de proteger o material dos agentes agressivos externos, como, por exemplo, dos agentes físicos (choques, variações de temperatura, grau higrométrico, luminosidade), dos agentes químicos (vapores ácidos) e dos parasitas vegetais ou animais (bolores, bactérias, insetos, roedores, etc).

2.5.1. Polietileno

Materiais plásticos são materiais artificiais, geralmente de origem orgânica sintética, que em algum estágio de sua fabricação adquiriram condição plástica, ou seja, capacidade de ser moldado, geralmente com a ajuda de calor e pressão, e muitas vezes, com o emprego de moldes (BLASS, 1988).

Os principais plásticos usados são: Polietileno de baixa densidade (PEBD), Polietileno de alta densidade (PEAD), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Poliestireno expandido (EPS), Poliuretano (PU), Policloreto de vinila (PVC), Uréia-formaldeído (UF), Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), Acetato de celulose (CA), Propionato de celulose, Fenólicos, Policarbonato (PC) e Poliéster.

Segundo BLASS (1988), o polietileno de baixa densidade é um termoplástico tenaz e coriáceo, com aparência untuosa, usado na confecção de filmes para embalagens e recipientes produzidos por extrusão, injeção ou sopro. De acordo com HANLON (1984) as características mais marcantes do polietileno de baixa densidade são flexibilidade, impermeabilidade, baixo custo e pouco peso do material. Tem boa transparência em finas camadas, mas em recipientes de paredes espessas é translúcido e de aparência cerosa. O polietileno é praticamente inodoro e insípido na maioria das aplicações, mas deve ser cuidadosamente checado quando usado com alimentos.

O polietileno de baixa densidade é resistente a maioria dos solventes, mas em temperaturas acima de 60°C é atacado por alguns hidrocarbonetos aromáticos, óleos e gorduras que levam o recipiente a tornar-se pegajoso por fora, tornando-se necessário checá-lo cuidadosamente antes de usá-lo com este tipo de produto. Não é afetado por ácidos e álcalis, com exceção do ácido nítrico concentrado quente. Possui boa barreira para a umidade, mas permite a passagem de gases um tanto facilmente (HANLON, 1984).

Segundo PIERGIOVANNI (1998) o polietileno de baixa densidade é um polímero de adição de etileno, possui estrutura ramificada, média cristalinidade, massa volúmica de 0,92-0,94g/cm³, intervalo térmico de uso de 40 a 80°C. Segundo a densidade, varia de flexível a rígido. Tem baixa permeabilidade à água e altíssima ao oxigênio, e excelentes características de isolamento elétrico. É resistente aos ácidos, álcalis, solventes orgânicos a quente e tensoativos e são transformáveis com todas as técnicas conhecidas.

2.5.2. Laminado

Segundo BOBBIO & BOBBIO (1992) os laminados são embalagens compostas em que são sobrepostos filmes plásticos, de alumínio, papel ou papelão e outro filme plástico. Essas embalagens ganham espaço no mercado por serem leves, e permitir o aquecimento do alimento diretamente na embalagem, por simples imersão em água quente, facilitando o uso rápido de alimentos congelados ou pré-cozidos.

As embalagens laminadas protegem os produtos, evitando o contato direto da luz com o produto, preservando com mais eficácia os alimentos e aumentando a vida de prateleira. São resistentes e utilizadas em grande escala, em vários produtos, como: leite, sopas desidratadas, creme em pó, café, tempero em pó e outros; além disso possuem qualidades superiores quando comparadas com outras embalagens (SILVA, 2003).

Conforme CABRAL et al. (1983) a principal razão do desenvolvimento dos laminados é a incrementação das propriedades de barreira dos materiais pela reunião, numa só estrutura, de dois ou mais componentes. Como exemplo, o celofane/polietileno/celofane para bolachas, o celofane/polietileno para café torrado e moído e o papel/polietileno/alumínio/polietileno para sopas e coco ralado.

2.6. Cor

A aparência de um alimento concorre muito para a sua aceitabilidade, razão pela qual a cor, talvez, seja a propriedade mais importante dos alimentos, tanto dos naturais como dos processados. A cor em alimentos resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto natural (pigmentos naturais) ou da adição de corantes sintéticos (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

A cor é um importante fator para avaliar a qualidade de um alimento, a qual é freqüentemente correlacionada com o estado de maturação, presença de impurezas, avaliação do processamento, condições de armazenamento, alteração por microrganismos, etc. (CHEFTEL et al., 1999).

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990) ocorrem três tipos principais de pigmentos nos produtos vegetais: a clorofila, principal responsável pela cor verde, abundante nos frutos jovens e folhas, os carotenóides e antocianinas.

A perda da cor verde dos frutos é muito importante para indicar o estágio de maturação; na medida em que esta desaparece, novos pigmentos vão surgindo, dentre eles

os de coloração amarela, alaranjada e vermelha, mudanças que ocorrem como consequência da quebra da estrutura da clorofila, provocada sobretudo pelas mudanças, como consequência da presença de ácidos orgânicos provenientes do vacúolo, pela presença de sistemas oxidantes e pela atividade de clorofilases (AWAD, 1993).

Os carotenóides são geralmente de cor amarela e laranja, podendo apresentar cor vermelha, predominante em frutos cítricos (FRANCIS, 1983). As antocianinas são pigmentos responsáveis pela cor vermelha, púrpura ou violeta da maioria das frutas (MARKAKIS, 1982).

Sabe-se que a cor dos frutos e vegetais frescos ou recém processados sofrem diversas mudanças indesejáveis durante o armazenamento, que são muito prejudiciais para a qualidade do alimento e portanto para sua aceitabilidade; estas mudanças se manifestam de forma mais acentuada à temperatura e umidade relativa elevadas. De muitos fatores estudados o controle da temperatura de armazenamento é o que incrementa de forma significativa a estabilidade da cor (ALONSO, 2004).

YANG (1998) afirma que mudanças de cor acontecem como consequência de reações em que desaparecem os compostos responsáveis pela cor natural e/ou aparecem produtos coloridos.

A manutenção da cor original no produto processado ou armazenado é, muitas vezes, difícil pelas possibilidades de reações que vários tipos de pigmentos naturais têm (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

Segundo RANGANNA (1977) a cor é uma propriedade de aparência relacionada a distribuição espectral da luz. O olho humano é sensível apenas às vibrações eletromagnéticas no comprimento de onda variando de 400 a 760nm, esta região do espectro é conhecida como visível. A mistura de todas as cores de diferentes comprimentos de onda na região visível é conhecida como luz branca.

A cor é a resposta do olho humano à luz refletida por qualquer substância. Fisicamente, a cor é uma característica da luz, mensurável em termos de intensidade (energia radiante) e comprimento de onda. Surge da presença de luz, sendo em maior intensidade em alguns comprimentos de ondas que em outros. A inspeção visual dos alimentos tem, ocasionalmente dado resultados errôneos em virtude da fonte de luz não emitir energia radiante suficiente, dentro dos valores críticos de comprimento de onda (CHAVES, 1994).

Existem vários métodos para a determinação da cor, sendo que uma das formas de expressar a cor empregada numa grande quantidade de colorímetros é por meio das

coordenadas L, a e b, desenvolvidas por Hunter. L mede os tons que variam do branco ao preto. A coordenada a nos indica a tendência ao vermelho em seu valor mais positivo e ao verde no mais negativo. A cor mais amarela é +b e o mais azul -b. Também são de grande utilidade as coordenadas CIEL a^* b^* (Commission Internationale de l'Éclairage) de uso geral em espectrofotômetros de reflexão (CLYDESDALE, 1998).

Segundo GOMES (2002) na indústria alimentícia, para verificação da cor utiliza-se a colorimetria de triestímulos e as determinações são comumente feitas com instrumentos simples, chamados colorímetros triestímulos ou comparadores de cor.

2.7. Atividade de água

A água é um dos componentes mais importantes dos alimentos, afetando todas as suas propriedades físicas. A forma como a água afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos é complicada devido à interação entre a água e o meio, o que envolve a estrutura física, bem como a composição química dos diversos solutos incluindo os polímeros e colóides ou partículas dispersas (PARK et al., 2001).

O conteúdo de água no produto pode ser medido de diferentes formas, mas nem todos os métodos indicam a disponibilidade da água para a atividade dos microrganismos, uma vez que nem toda a água presente no produto está igualmente disponível. A disponibilidade da água em materiais higroscópicos é melhor indicada pela atividade de água ou pela umidade de equilíbrio com a umidade relativa do ar ambiente. A atividade de água e a umidade relativa, quando atingido o equilíbrio são numericamente iguais (HALL, 1980; BROOKER et al., 1992).

A atividade de água nos alimentos está relacionada com o crescimento de microrganismos e efetivação de reações químicas, a retirada de água reduz o crescimento destes microrganismos e impede reações bioquímicas que dependem da umidade, evitando a rápida perda que ocorre nos frutos *in natura* (PARK et al., 2002). Segundo ANAGOSTOPOULOS (1979) existem várias formas de se controlar a “água livre”, essa pode ser removida por secagem, solidificada por congelamento ou indisponibilizada pela adição de eletrólitos como o NaCl ou não eletrólitos, como a sacarose.

Após o processo de secagem não é raro que os pós alimentícios em geral e, especialmente, as hortaliças e frutas desidratadas, apresentem ainda problemas relacionados com a reologia e a higroscopicidade. Portanto, torna-se essencial estudar as propriedades primárias de origem química e físico-química (higroscopicidade, teor de

água, atividade de água, etc.), assim como suas propriedades secundárias, consequência direta de fatores externos tais como: vibrações, gravidade, pressões, condições de armazenamento, gradiente de temperatura, etc. (LOISEL, 1988; ILARI, 1995).

O fenômeno de higroscopicidade de produtos sólidos porosos é estudado por meio das equações que descrevem as isotermas de sorção de água, que são representações matemáticas da relação existente entre o teor de umidade do material em equilíbrio com diferentes valores de atividade de água e uma determinada temperatura (CORRÊA & MOUER, 2000). O conhecimento dessa relação de interdependência auxilia na identificação do tipo de forças que intervêm na ligação da água com os elementos de composição do produto, permitindo certas avaliações da sua estabilidade, durante o armazenamento, podendo servir como parâmetro indicativo de embalagens apropriadas para melhor conservação do produto e vida-de-prateleira do produto industrializado (CORRÊA et al., 2000).

As isotermas de sorção podem ser definidas como a representação analítica da variação do teor de umidade de um produto, em função de sua umidade relativa. Têm vasto número de aplicações na área de alimentos e representam o estado de equilíbrio de todos os processos nos quais moléculas de água se combinam reversivelmente com alimentos (MEDEIROS et al., 2002).

O conhecimento das isotermas de sorção de alimentos é de grande importância para o desenvolvimento da indústria alimentícia, já que oferecem informação útil para a otimização do processo de secagem e projeto de secadores, a seleção do material de embalagem, a predição da vida útil do produto e da evolução no conteúdo de umidade durante o armazenamento (GÁL, 1987).

Conforme LABUZA (1968) existem duas maneiras de construir uma isoterma: a isoterma de adsorção é obtida colocando-se um material completamente seco em contato com várias atmosferas de umidades relativas crescente e medindo-se o ganho de massa após atingido o equilíbrio; já a isoterma de dessorção é obtida colocando-se um material inicialmente úmido sob umidades relativas decrescentes, e, nesse caso, medindo-se a perda de massa após o equilíbrio.

Dentre os métodos gravimétricos de determinação das isotermas de sorção de umidade a utilização das soluções saturadas de sais são consideradas como as mais adequadas, porque podem liberar ou adsorver água sem sofrer alteração da sua umidade relativa de equilíbrio, apesar de não haver concordância unânime entre os pesquisadores quanto ao valor da atividade de água de muitos sais (CHIRIFE & RESNIK, 1984).

Existem numerosos modelos matemáticos disponíveis na literatura com capacidade de prever uma isoterma de adsorção de umidade em alimentos. As equações de dois parâmetros são mais utilizadas por serem de fácil solução matemática, porém têm o inconveniente de, em geral, não se prestarem para prever isotermas em todas as faixas de a_w (0 – 1); já as equações de três ou mais parâmetros quase sempre dão melhores resultados na predição, mas apresentam a desvantagem de serem de difícil solução matemática necessitando, algumas vezes, de programas computacionais complexos (PENA et al., 2000).

Diversos autores afirmam que os valores de umidade de equilíbrio dos produtos biológicos dependem, principalmente, da espécie e variedade do produto, do seu teor de umidade inicial e principalmente da temperatura e umidade relativa do ambiente em que se encontra o produto (MAROULIS et al., 1988; SAMANIEGO-ESGUERRA et al., 1991; MOREY, 1995; CHEN & JAYS, 1998).

Segundo LABUZA (1968) a escolha de um modelo para prever as isotermas de sorção depende do objetivo do seu uso, como por exemplo na estimativa do tempo de secagem ou na vida de prateleira de alimentos secos embalados, e deve ajustar-se tão rigorosamente quanto possível aos dados experimentais.

O modelo de Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB) (Tabela 2.3) que é uma extensão da equação de BET levando em consideração as propriedades modificadas da água adsorvida na região da multicamada é muito utilizado para estimar dados de atividade de água até níveis de aproximadamente 0,9, e dá um melhor ajuste do que a equação de BET para uma ampla faixa de umidade (BARBOSA-CÁNOVAS & VEJA-MERCADO, 1996). De acordo com CHAVES et al. (2004) nos últimos anos diversos pesquisadores têm utilizado amplamente o modelo de GAB para a descrição de isotermas de sorção de diversos alimentos.

As principais vantagens do modelo de GAB segundo RAO & RIZVI (1986) são:

- Base teórica fundamentada;
- Descrição da sorção de água da maioria dos alimentos na faixa de $0 < a_w < 0,9$;
- Simplicidade de um modelo matemático com apenas três parâmetros, sendo muito aplicado para cálculos de engenharia;
- Parâmetros com significado físico em termos do processo de sorção; e
- É capaz de descrever alguns efeitos da temperatura no processo de sorção.

A equação empírica de Oswin (Tabela 2.3) fundamentada na expansão da série de Pearson para curvas com forma sigmoïdal, se ajusta muito bem entre $0,0 < a_w < 1,0$ (FIGUEIRÊDO, 1998). Esta equação foi usada por BOQUET et al. (1978) para trinta e nove produtos sendo adequada para alimentos com alto conteúdo de amido e considerada uma das mais versáteis equações de dois parâmetros testados.

PELEG (1993), para ajustar os dados de isotermas de sorção, propôs um modelo com quatro parâmetros. Apresentou resultados em que este modelo proposto mostrou um ajuste comparável ou levemente melhor que o modelo de GAB, para valores de atividade de água abaixo de 90%. Segundo WOLF & SPIESS (1995), os valores das constantes n_1 e n_2 da equação de Peleg (Tabela 2.3) devem ser menor e maior que um, respectivamente.

Tabela 2.3. Modelos de ajuste de isotermas de sorção de água.

Modelo	Equação
GAB	$U_{eq} = \frac{X_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)}$
Oswin	$U_{eq} = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b$
Peleg	$U_{eq} = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2}$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água

X_m - umidade na monocamada molecular

C e k - parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto

a e b - parâmetros de ajuste do modelo

k_1 e k_2 - constantes do modelo

n_1 e n_2 - constantes do modelo

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de realização do trabalho

O experimento foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

3.2. Matéria-prima

Utilizou-se como matéria-prima polpa de pitanga congelada da marca BONSUCO (Bonito, PE). Após doação da polpa pela empresa BONSUCO, o material foi transportado até o ambiente do laboratório onde as polpas foram homogeneizadas e embaladas em sacos de polietileno de baixa densidade, mergulhadas em nitrogênio líquido para rápido congelamento, e em seguida foram armazenadas em freezer a -22°C até o momento de serem utilizadas na caracterização e secagem.

3.3. Secagem

A polpa de pitanga foi desidratada pelo processo de secagem em camada de espuma. Para tal, elaborou-se uma formulação do produto a ser desidratado utilizando-se emulsificante e estabilizante à base de monoglicerídeos destilados, monoesterato de sorbina e polisorbato 60, e de espessante à base de carboximetil-celulose, sacarose e goma guar. Essa formulação foi homogeneizada em batedeira doméstica até formar uma espuma com densidade média de $0,5 \text{ g/cm}^3$.

A espuma resultante foi espalhada sobre bandejas de aço inoxidável e levadas para desidratar em estufa com circulação de ar, à temperatura de 70°C . Em seguida, o produto seco, com consistência leve e esponjosa, foi retirado das bandejas e triturado/homogeneizado em processador doméstico para finalmente obter o produto pulverizado (pitanga em pó).

3.4. Armazenamento da pitanga em pó

As amostras da pitanga em pó foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade com gramatura de 51g/m² (camadas - 17g de poliéster, 2g de impressão, 2g de adesivo, 30g de filme pp transparente) e em embalagens laminadas com gramatura de 124g/m² (camadas - 17g de poliéster, 22g de alumínio, 5g de tinta, 80g de polietileno) contendo 30g cada, termosseladas e armazenadas à temperatura ambiente, por um período de 60 dias. Durante o armazenamento as amostras foram submetidas a análises, realizadas a cada dez dias, avaliando-se as seguintes propriedades, descritas no item 3.5: umidade, pH, acidez total titulável, cinzas, ácido ascórbico, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e cor.

3.5. Caracterização da polpa integral e da pitanga em pó

Foram adotados os mesmos procedimentos para as determinações da polpa integral e da pitanga em pó, exceto para acidez total titulável e pH do pó, onde as determinações foram realizadas a partir de amostras reconstituídas, com água destilada.

3.5.1. Umidade e Sólidos totais

A umidade e os sólidos totais foram determinados segundo as metodologias do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os resultados foram expressos em percentagem (p/p).

3.5.2. pH

O pH foi determinado através do método potenciométrico, com peagômetro da marca Analyser modelo 300M, calibrado com soluções tampão (pH 4,0 e 7,0), a 20°C. A leitura do pH das amostras foi feita imergindo-se o elétrico em um béquer contendo a amostra e lendo-se o valor indicado no visor do aparelho. Os resultados foram expressos em unidades de pH.

3.5.3. Sólidos solúveis totais (°Brix)

A determinação dos sólidos solúveis totais (°Brix) foi feita através de leitura direta em refratômetro, com correção de temperatura baseada na tabela contida no manual do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.5.4. Acidez total titulável

Na determinação da acidez total titulável utilizou-se o método acidimétrico da AOAC (1997), titulando-se a amostra com solução padronizada de NaOH 0,1N. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

3.5.5. Cinzas

O teor de cinzas foi determinado em conformidade com o método oficial da AOAC (1997) e os resultados expressos em porcentagem (p/p).

3.5.6. Ácido ascórbico

A determinação do ácido ascórbico realizou-se segundo a metodologia da AOAC (1997) modificada por BENASSI & ANTUNES (1998), a qual utiliza como solução extratora, o ácido oxálico e se baseia na titulação da amostra, empregando-se o 2,6 diclorofenolindofenol sódico que dá cor azul em solução alcalina e cor rosa, em solução ácida.

3.5.7. Açúcares totais, redutores e não redutores

Na determinação dos açúcares totais, redutores e não redutores utilizou-se o método de redução alcalina (AOAC, 1997) com base na redução dos sais cúpricos e óxidos cuprosos presentes na solução de Fehling. Os resultados foram expressos em porcentagem (p/p).

3.5.8. Cor

Os parâmetros de cor foram medidos utilizando-se um colorímetro Minolta, modelo CR 10, obtendo-se os valores de luminosidade (L^*), a^* definido como a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$) e b^* que representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

3.5.9. Densidade

A densidade da polpa integral foi realizada utilizando-se picnômetro de 25 ml, na temperatura de 25°C.

3.5.10. Avaliação da massa durante o armazenamento

As amostras foram pesadas periodicamente, nas diferentes embalagens, em balança analítica, com a finalidade de avaliar as alterações na massa durante o armazenamento.

3.6. Análise estatística

A análise estatística dos dados obtidos experimentalmente ao longo do armazenamento foi executada usando-se o programa computacional ASSISTAT, versão 7.2 (SILVA & AZEVEDO, 2002), através do delineamento inteiramente casualizado e a comparação entre as médias, pelo teste de Tukey.

3.7. Cinética de secagem

Foi determinada a cinética de secagem das amostras formuladas (descritas no item 3.3) em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C, pesando-se em intervalos de tempo de 10 minutos. Os testes foram realizados até as amostras atingirem peso constante.

3.7.1. Razão de umidade

Com os dados das pesagens das amostras durante a secagem foram calculadas as razões de umidade ou umidade adimensional (Equação 3.1).

$$RU = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} \quad (3.1)$$

em que:

RU – razão de umidade ou umidade adimensional

X – umidade “absoluta” (base seca)

X_o – umidade inicial (base seca)

X_e – umidade de equilíbrio (base seca)

3.7.2. Modelos matemáticos

Para o ajuste matemático das curvas de secagem da polpa de pitanga, foram utilizadas as equações de Lewis, Page e Henderson & Pabis (Equações 3.2 a 3.4), ajustadas com o auxílio do processador matemático STATISTICA, versão 5.0.

Lewis

$$RU = \exp(-kt) \quad (3.2)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

k – velocidade de secagem (1/h)

t - tempo (min)

Page

$$RU = \exp(-kt^n) \quad (3.3)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

k - constante da equação (1/h)

n - constante adimensional de secagem

t - tempo (min)

Henderson & Pabis

$$RU = a \exp(-kt) \quad (3.4)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

a - constante do modelo (adimensional)

k - constante do modelo (1/h)

t - tempo (min)

3.8. Isotermas de adsorção de umidade

Para a obtenção das isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó empregou-se o método gravimétrico estático utilizando-se soluções saturadas de sais em quatro temperaturas (10°C, 20°C, 30°C e 40°C) (Tabela 3.1). As soluções de sais foram colocadas em potes de vidro herméticos, contendo três cadinhos com aproximadamente 1g da amostra em cada um, permanecendo nesses ambientes até atingirem o equilíbrio em câmara do tipo B.O.D.

Tabela 3.1. Atividade de água das soluções saturadas de sais

	Temperatura			
	10°C	20°C	30°C	40°C
CH ₃ COOK	0,2338	0,2311	0,2161	0,2040
MgCl ₂	0,3347	0,3307	0,3244	0,3160
K ₂ CO ₃	0,4314	0,4316	0,4317	0,4320
Mg (NO ₃) ₂	0,5736	0,5438	0,5140	0,4842
NaBr	0,6215	0,5914	0,5603	0,5317
NaCl	0,7567	0,7547	0,7509	0,7468
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,8206	0,8134	0,8063	0,7991
KCl	0,8677	0,8511	0,8362	0,8232
K ₂ CrO ₄	-	-	0,9708	0,9589

Fonte: GREENSPAN (1977)

3.8.1. Umidade de equilíbrio

Obtiveram-se as umidades de equilíbrio (Equação 3.5) das amostras em pó, em base seca, pela relação entre massa de água no equilíbrio e a massa seca:

$$U_{eq} = \frac{m_{\text{água}}}{m_s} \cdot 100 \quad (3.5)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio (% base seca)

$m_{\text{água}}$ - massa de água adsorvida pela amostra (g)

m_s - massa seca da amostra (g)

Os cálculos dos valores da umidade de equilíbrio foram realizados para cada cadinho e, por último, calculou-se a média aritmética das três repetições para cada atividade de água.

3.8.2. Modelos matemáticos

Para o ajuste matemático das isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, utilizaram-se os modelos de GAB, Oswin e Peleg (Equações 3.6 a 3.8), ajustadas com o auxílio do processador matemático STATISTICA, versão 5.0.

GAB

$$U_{eq} = \frac{X_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)} \quad (3.6)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água

x_m - umidade na monocamada molecular

C e k - parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto

Oswin

$$U_{eq} = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (3.7)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água

a e b - parâmetros de ajuste do modelo

Peleg

$$U_{eq} = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2} \quad (3.8)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água

k_1 e k_2 - constantes do modelo

n_1 e n_2 - constantes do modelo

3.8.2.1. Erros experimentais

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram: o coeficiente de determinação (R^2), o erro relativo (ε), calculado pela Equação 3.10, e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 3.11.

$$\varepsilon = \frac{U_{eq(exp)} - U_{eq(teor)}}{U_{eq(teor)}} \quad (3.10)$$

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{U_{eq(exp)} - U_{eq(teor)}}{U_{eq(exp)}} \right| \quad (3.11)$$

em que:

ε - erro relativo

$U_{eq(exp)}$ - umidade de equilíbrio experimental (% base seca)

$U_{eq(teor)}$ - umidade de equilíbrio predito pelo modelo (% base seca)

P - desvio percentual médio (%)

n - número de dados experimentais

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da matéria-prima

Estão apresentados na Tabela 4.1, os resultados médios da caracterização físico-química da polpa de pitanga integral, com os respectivos desvios padrões.

Os valores médios encontrados para a umidade e sólidos totais foram de 92,02% e 7,98%. O valor da umidade se aproxima do determinado por GUIMARÃES (1983) que foi de 90,47% e é superior ao reportado por ALMEIDA & VALSECHI (1996).

Constata-se que o valor médio do pH (2,58) é similar ao encontrado por MÉLO et al. (2000) e inferior aos determinados por LIMA et al. (1995), que obtiveram resultados oscilando de 2,9 a 3,3, e ALMEIDA & VALSECHI (1996), que foi de 4,85 unidades de pH.

Quanto aos sólidos solúveis totais (8,04°Brix) constata-se que o valor determinado é superior ao encontrado por MÉLO et al. (2000) que foi de 4,0°Brix e inferior ao avaliado por SANTOS (2001), ambos para exemplares de pitanga maduros.

A fração de cinzas encontrada na polpa ficou em torno 0,21%, idêntico ao citado por SALGADO et al. (1999) que foi de 0,28%.

O resultado médio da acidez total titulável foi de 1,85% de ácido cítrico, sendo superior ao valor de 1,68% de ácido cítrico para pitangas maduras e inferior às semi-maduras (2,33% de ácido cítrico) e verdes (2,24% de ácido cítrico) determinados por MÉLO et al. (2000) e também inferior ao encontrado por LEDERMAN et al. (1992) que foi de 2,4% de ácido cítrico.

O resultado obtido para o teor de ácido ascórbico foi de 8,87 mg/100g, valor inferior aos relatados por CAVALCANTE (1991), GUIMARÃES et al. (1982) e MÉLO et al. (2000), para exemplares de pitanga maduros, cujos valores foram 16 mg/100g, 29,4 mg/100g e 42,9 mg/100g, respectivamente. Segundo HARRIS (1977), a composição química de frutas e hortaliças pode ser afetada por diversos fatores, a exemplo do grau de maturação, condições climáticas, edáficas e cultivares entre outros, explicando assim a discrepância encontrada entre os valores de vitamina C relatados pelos autores acima citados e o determinado no presente estudo. Esta diferença também pode ser justificada pela degradação do ácido ascórbico ocorrido em razão do descongelamento parcial para homogeneização das polpas.

A quantidade de açúcares totais encontrada foi de 3,02% de glicose, estando este valor dentro dos padrões de qualidade estabelecidos pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000) que é de 9,5%, no máximo.

Quanto ao teor de açúcares redutores o valor determinado foi de 2,10% de glicose, inferior aos valores obtidos por ALMEIDA & VALSECHI (1996) que foi de 7,87 e 6,26% de glicose, ao estudarem a composição da polpa de frutos de pitangueira. Já o teor de açúcares não redutores apresentou média de 0,87% de sacarose, valor inferior aos determinados por SANTOS (2001), que foi de 1,13%, 1,69% e 3,14% de sacarose para frutos de pitanga em três diferentes estádios de maturação.

O valor médio da densidade da polpa de pitanga foi de 1.026,11 kg/m³, sendo inferior ao valor encontrado por SOARES et al. (2001) de 1.150 kg/m³ para a polpa de acerola.

Constata-se através dos parâmetros da cor, representados pela luminosidade (L*=25,6), intensidade de vermelho (a*+=12,75) e intensidade de amarelo (b*+=25,38), a predominância da cor amarela na polpa de pitanga estudada.

Tabela 4.1. Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de pitanga

Parâmetro	Valores
Umidade (%)	92,02 ± 0,025
Sólidos totais (%)	7,98 ± 0,016
pH	2,58 ± 0,013
Sólidos solúveis totais (°Brix)	8,04 ± 0,1
Cinzas (%)	0,2060 ± 0,0025
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	1,85 ± 0,005
Ácido ascórbico (mg/100g)	8,87 ± 0,020
Açúcares totais (% glicose)	3,02 ± 0,023
Açúcares redutores (%glicose)	2,10 ± 0,05
Açúcares não redutores (% sacarose)	0,87 ± 0,03
Densidade (kg/m ³)	1.026,11 ± 0,68
Luminosidade (L*)	25,60 ± 0,54
Intensidade de vermelho (+a*)	12,75 ± 0,39
Intensidade de amarelo (+b*)	25,38 ± 0,62

4.2. Estudo do armazenamento da pitanga em pó

4.2.1. Acido ascórbico

Apresenta-se na Tabela 4.2, a análise de variância dos valores médios do teor de ácido ascórbico da pitanga em pó armazenada na embalagem laminada. Verifica-se que existe diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, indicando que as médias do ácido ascórbico nos tempos de armazenamento não são iguais.

Tabela 4.2. Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico da pitanga em pó armazenada em embalagem laminada, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	104,07345	0,03160	26,1186 **
Resíduo	35	48,18520	0,00121	
Total	41	152,25865		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios de ácido ascórbico da pitanga em pó durante o armazenamento em embalagem laminada, apresentados na Tabela 4.3, observam-se pequenas oscilações em seus valores médios, com diferença significativa apenas entre o tempo zero e os tempos 40 e 60 dias, e entre os tempos 40 e 60 dias. Entre zero e 60 dias observa-se uma tendência de redução, apesar do valor determinado aos 50 dias discrepar do comportamento geral.

Verifica-se uma diminuição de 15,92% no ácido ascórbico no final (60 dias) do armazenamento em relação ao início (0 dia), valor superior ao obtido por FIGUEIRÊDO et al. (2001) que constataram uma redução de 2 e 3% no teor de ácido ascórbico no suco de acerola em pó, após um ano de armazenamento, mantido na mesma embalagem laminada.

O valor médio do ácido ascórbico da pitanga em pó ao longo do armazenamento na embalagem laminada foi de 31,16 mg/100g, com coeficiente de variação de 3,77%.

Tabela 4.3. Valores médios do ácido ascórbico da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Ácido ascórbico (mg/100g)
0	32,92 a
10	31,75 ab
20	31,17 ab
30	31,70 ab
40	30,64 b
50	32,26 ab
60	27,68 c

DMS = 2,12; MG = 31,16 mg/100g; CV = 3,77%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.4 encontra-se a análise de variância dos valores do ácido ascórbico da pitanga em pó na embalagem de polietileno. Verificam-se diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.4. Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico da pitanga em pó armazenada em embalagem polietileno, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	140,22770	23,37128	16,6410 **
Resíduo	35	49,15552	1,40444	
Total	41	189,38321		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios de ácido ascórbico da pitanga em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.5, observa-se que o ácido ascórbico apresentou redução significativa a partir do vigésimo dia de armazenamento em relação ao tempo zero, e diferença significativa entre o tempo inicial e final. Nos tempos intermediários, percebe-se esta diminuição, mas sem diferença

estatística entre os tempos 10 e 20 dias, entre os tempos 20, 30 e 40 dias e ainda entre os tempos 30, 40, 50 e 60 dias.

Ao término do armazenamento foi detectada uma diminuição de 16,46% no ácido ascórbico da pitanga em pó na embalagem de polietileno, sendo ligeiramente superior a redução ocorrida na embalagem laminada. Contrariamente, MÉLO et al. (2000) observaram que o teor de ácido ascórbico em pitangas maduras armazenadas durante 90 dias sob congelamento e embaladas em saco de polietileno permaneceu inalterado.

O valor médio do ácido ascórbico da pitanga em pó ao longo do armazenamento em embalagem de polietileno totalizou 29,53 mg/100g, com coeficiente de variação de 4,01%.

Tabela 4.5. Valores médios do ácido ascórbico da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Ácido ascórbico (mg/100g)
0	32,92 a
10	31,09 ab
20	30,22 bc
30	28,79 cd
40	28,41 cd
50	27,78 d
60	27,50 d

DMS = 2,14; MG = 29,53 mg/100g; CV = 4,01%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.2. Umidade e Massa

Tem-se na Tabela 4.6, a análise de variância dos valores da umidade da pitanga em pó na embalagem laminada. Verifica-se a ausência de diferenças significativas pelo teste F para o fator tempo.

Tabela 4.6. Análise de variância dos valores médios da umidade da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	3,22293	0,53715	2,2108 ns
Resíduo	35	8,50395	0,24297	
Total	41	11,72688		

ns - não significativo; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

No Apêndice A, Tabela A.1, encontra-se a análise de variância dos valores do acompanhamento da massa da pitanga em pó na embalagem laminada durante o armazenamento, constata-se que não houve efeito significativo do fator tempo de armazenamento.

Na Tabela 4.7 são mostrados os valores médios de umidade e do acompanhamento da massa das amostras da pitanga em pó na embalagem laminada, durante 60 dias de armazenamento. Observa-se que o percentual de umidade inicial (tempo zero) presente no pó de pitanga (20,4%) manteve-se estatisticamente inalterado durante todo o período de armazenamento, não se constatando acréscimo ou decréscimo da umidade. Esse resultado confirma-se com os valores médios do avaliação da massa da pitanga em pó, representados na Tabela 4.7 que permaneceram constantes ao longo do armazenamento.

O valor médio da umidade da pitanga em pó na embalagem laminada ao longo do armazenamento foi de 20,50%, com coeficiente de variação de 2,40%. Este valor é superior aos determinados por SILVA et al. (2005) para pó de umbu-cajá (17,44%) e por APENBURG (1971) para coco em pó (1,5%), desidratados pelo mesmo processo de secagem em camada de espuma.

Tabela 4.7. Valores médios da umidade e da massa da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Umidade (%)	Massa (g)
0	20,3983 a	32,9208 a
10	20,3133 a	32,9225 a
20	20,2416 a	32,9236 a
30	20,2183 a	32,9238 a
40	20,5366 a	32,9238 a
50	20,7817 a	32,9239 a
60	21,0150 a	32,9245 a

Umidade - DMS = 0,8895; MG = 20,5007%; CV = 2,40%

Massa - DMS = 0.14586; MG = 32,9233; CV = 0,16%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Encontra-se na Tabela 4.8 a análise de variância da umidade da pitanga em pó armazenada na embalagem de polietileno, cujos resultados mostram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.8. Análise de variância dos valores da umidade (%) da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	39,19751	6,53292	26,5180 **
Resíduo	35	8,62253	0,24636	
Total	41	47,82005		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios de umidade da pitanga em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.9, observa-se uma tendência de aumento na umidade no decorrer do armazenamento, embora nem sempre ocorram entre tempos subseqüentes. Constata-se que os valores da umidade são estatisticamente iguais entre os tempos zero, 10 e 20 dias, entre os tempos 20, 30 e 40

dias, e entre os tempos 30, 40 e 50 dias. Aos 60 dias a umidade é estatisticamente diferente dos demais tempos.

Verifica-se um aumento de 13,8% entre a umidade inicial (tempo zero) e a final (tempo 60 dias), conseqüência da embalagem de polietileno não ser totalmente impermeável, deixando ocorrer troca de umidade com a atmosfera, ao contrário da embalagem laminada que protegeu o produto durante o armazenamento. Esse resultado, ainda assim, é inferior ao encontrado por GOMES et al.(2004), ao estudarem a estabilidade da acerola em pó desidratada em leito de jorro armazenada durante 60 dias em embalagem de polietileno, que foi de um acréscimo na umidade de 51,31%.

No Apêndice A, Tabela A2, encontra-se a análise de variância dos valores do acompanhamento da massa da pitanga em pó na embalagem de polietileno durante o armazenamento, verifica-se efeito significativo do tempo ao nível de 1% de probabilidade.

Contrário a embalagem laminada, os valores médios da massa da pitanga em pó em embalagem polietileno representados na Tabela 4.9 aumentaram durante o armazenamento. Observa-se que os tempos diferem significativamente entre si em intervalos de 20 dias. O acréscimo de massa entre o tempo inicial e final foi de 3,65%.

Tabela 4.9. Valores médios da umidade e da massa da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Umidade (%)	Massa (g)
0	20,3983 d	31,4803 f
10	20,1100 d	31,6753 ef
20	20,7233 cd	31,8995 de
30	21,4500 bc	32,0627 cd
40	21,4383 bc	32,2604 bc
50	21,8250 b	32,4988 ab
60	23,2117 a	32,6310 a

Umidade - DMS = 2,1385; MG = 21,3081%; CV = 2,33%

Massa - DMS = 0,25242; MG = 32,0726; CV = 0,28%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.3. pH

Tem-se na Tabela 4.10, a análise de variância do pH da pitanga em pó na embalagem laminada, verifica-se diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, indicando que há diferenças entre as médias de tratamentos (tempo).

Tabela 4.10. Análise de variância dos valores médios do pH da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,01006	0,00168	6,5306 **
Resíduo	35	0,00898	0,00026	
Total	41	0,01904		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Analisando-se os valores médios do pH da pitanga em pó, apresentados na Tabela 4.11, durante o armazenamento em embalagem laminada, observam-se oscilações nos teores do pH durante o armazenamento, contudo não existe diferença significativa entre o período inicial e o final, indicando que apesar da análise estatística mostrar diferenças significativas entre alguns valores é possível afirmar que não houve alteração no pH das amostras durante o armazenamento. Nos estudos realizados com pitanga congelada, MELO et al. (2000) constataram que o pH apresentou um leve declínio durante o período de 90 dias de armazenamento.

O valor médio do pH ao longo do tempo de armazenamento em embalagem laminada foi 2,82, com coeficiente de variação de 0,57%.

Tabela 4.11. Valores médios do pH da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	pH
0	2,80 bc
10	2,83 ab
20	2,80 c
30	2,82 abc
40	2,84 a
50	2,84 a
60	2,82 abc

DMS = 0,03; MG = 2,82; CV = 0,57%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.12, encontra-se a análise de variância do pH na embalagem de polietileno da pitanga em pó, verificando-se significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.12. Análise de variância dos valores médios do pH da polpa de pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,05802	0,00967	0,00014 **
Resíduo	35	0,00483	0,00014	
Total	41	0,06286		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios do pH da pitanga em pó, durante o armazenamento em embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.13, observa-se que o pH difere estatisticamente entre o tempo inicial (zero) e o tempo final (60 dias) do armazenamento. Os tempos intermediários diferem, porém se igualando estatisticamente entre os tempos zero, 10 e 20 dias, como também se iguala o tempo zero e 20 dias ao valor medido aos 40 dias, por último, observa-se que o tempo 30 não difere estatisticamente em

relação ao tempo 50 dias. Constata-se um aumento no valor do pH no final do armazenamento (3,6%), indicando que, ao contrário da embalagem laminada, a embalagem de polietileno não evitou a alteração do pH. Este comportamento difere do determinado por SILVA et al. (2005), para polpa de umbu-cajá em pó, desidratada também pelo mesmo processo de secagem em camada de espuma, durante o armazenamento no mesmo tipo de embalagem. No final do armazenamento o pH das amostras na embalagem de polietileno foi maior do que na embalagem laminada.

Tabela 4.13. Valores médios do pH da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	pH
0	2,80 cd
10	2,78 d
20	2,80 cd
30	2,85 b
40	2,81 c
50	2,85 b
60	2,90 a

DMS = 0,02; MG = 2,83; CV = 0,42%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.4. Acidez total titulável

Tem-se na Tabela 4.14, a análise de variância da acidez total titulável da pitanga em pó na embalagem laminada, constata-se efeito significativo do tempo de armazenamento nos valores da acidez total titulável ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.14. Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,43010	0,071568	98,5166**
Resíduo	35	0,02547	0,00073	
Total	41	0,45556		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Estão apresentados na Tabela 4.15, os resultados dos valores médios analisados da acidez total titulável da pitanga em pó durante o armazenamento em embalagem laminada, onde se verifica diferença significativa entre os valores do tempo inicial e final. Entre os demais tempos foram obtidos valores com diferenças significativas entre os tempos zero e 20 dias. Nos tempos intermediários constata-se diferença significativa entre o tempo 20 e os demais a partir de 40 dias. A partir dos 40 dias de armazenamento não foram observadas mais alterações na acidez do produto estudado na embalagem laminada. De forma geral, a acidez diminuiu com o tempo de armazenamento, atingindo um percentual de redução aos 60 dias de aproximadamente 18,4%. SOARES et al. (2001), obtiveram 14,1% para acerola em pó, durante 90 dias de armazenamento à temperatura ambiente, em embalagem metalizada (B.O.P.P).

Tabela 4.15. Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)
0	1,2567 a
10	1,2448 a
20	1,1733 b
30	1,2117 ab
40	1,0300 c
50	1,0183 c
60	1,0250 c

DMS = 0,0487; MG = 1,1376% ácido cítrico; CV = 2,37%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.16, encontra-se a análise de variância da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó na embalagem de polietileno, verifica-se diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.16. Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,31802	0,05300	351,1304**
Resíduo	35	0,00528	0,00015	
Total	41	0,32331		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios de acidez total titulável da pitanga em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.17, verifica-se uma tendência de redução no teor de ácido cítrico com o tempo de armazenamento. Constatam-se diferenças significativas entre os tempos de armazenamento, exceto entre o tempo inicial e o tempo 10 dias e entre o tempo 30 e 60 dias que não diferem entre si. Observa-se aos 60 dias de armazenamento uma redução da acidez de 9,7% com relação ao tempo inicial. Esse comportamento era esperado uma vez que o pH aumentou, pois se sabe que essas propriedades apresentam comportamento inverso. Esse valor é inferior ao percentual de redução na acidez obtido por SILVA et al. (2005) que foi de 12,0% após 60 dias de armazenamento, à temperatura ambiente, do umbu-cajá em pó na mesma embalagem e desidratado pelo mesmo processo de secagem em camada de espuma.

No final do armazenamento, a redução da acidez total titulável da pitanga em pó foi menor na embalagem de polietileno.

Tabela 4.17. Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)
0	1,2567 a
10	1,2417 a
20	1,0750 c
30	1,1300 b
40	1,0083 e
50	1,0483 d
60	1,1350 b

DMS = 0,0222; MG = 1,2786% ácido cítrico; CV = 1,09%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.5. Cinzas

Encontra-se na Tabela 4.18, a análise de variância do teor de cinzas na embalagem laminada da pitanga em pó, constata-se efeito significativo do tratamento (tempo) ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.18. Análise de variância dos valores médios do teor de cinzas da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,74132	0,12355	70,4662 **
Resíduo	35	0,06137	0,00175	
Total	41	0,80269		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios do teor de cinzas da pitanga em pó, durante o armazenamento em embalagem laminada, apresentados na Tabela 4.19, constata-se oscilações em seus valores médios. O valor determinado no tempo zero difere significativamente dos tempos subseqüentes, porém não diferem estatisticamente os

tempos 10 e 40 dias, assim como não diferem estatisticamente os valores determinados nos tempos 20 e 60 dias e os tempos 30 e 50 dias. Essas semelhanças estatísticas entre teores nos tempos iniciais e finais denotam que não houve uma variação no teor de cinzas que possa ser atribuída ao período de armazenamento. O valor médio das cinzas, foi de 1,6317%, sendo inferior ao valor obtido por SOARES et al. (2001), de 3,41% para de acerola em pó desidratada pelo método de secagem em camada de espuma e acondicionadas em embalagem laminada.

Tabela 4.19. Valores médios do teor de cinzas da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Cinzas (%)
0	1,8528 a
10	1,6205 c
20	1,4244 d
30	1,7447 b
40	1,5734 c
50	1,7421 b
60	1,4639 d

DMS = 0,0885; MG = 1,6317%; CV = 3,0%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.20, encontra-se a análise de variância do teor de cinzas da pitanga em pó na embalagem de polietileno, verifica-se efeito significativo do tratamento ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.20. Análise de variância dos valores médios do teor de cinzas da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	1,61255	0,26876	121,4841 **
Resíduo	35	0,07743	0,00221	
Total	41	1,68998		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Estão apresentados na Tabela 4.21 os resultados dos valores médios do teor de cinzas da pitanga em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno. No tempo zero obteve-se o valor de 1,85% de cinzas, valor inferior ao da abóbora, desidratada em leito de jorro, determinado por DA COSTA et al. (2003).

Constata-se diferença significativa entre os valores médios das cinzas durante o armazenamento, porém entre os tempos zero e 10 dias e entre 20 e 30 dias, esses valores são considerados estaticamente iguais. Os demais tempos diferem estatisticamente entre si. Observa-se também que o teor de cinzas diminui com o tempo de armazenamento, atingindo um percentual de redução de 26,99% no final do armazenamento (60 dias) em relação ao tempo inicial (0 dia), esse comportamento pode ser justificado pelo aumento da umidade das amostras nessa embalagem.

Tabela 4.21. Valores médios do teor de cinzas da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Cinzas (%)
0	1,8528 a
10	1,9355 a
20	1,7530 b
30	1,7447 b
40	1,5734 c
50	1,4639 d
60	1,3527 e

DMS = 0,0849; MG = 1,6680%; CV = 2,81%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.6. Açúcares totais

A análise de variância dos valores médios dos açúcares totais da pitanga em pó, na embalagem laminada, se encontra na Tabela 4.22, na qual se verifica que houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.22. Análise de variância dos valores médios dos açúcares totais da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	11,55618	1,92603	6,8632 **
Resíduo	35	9,82212	0,28063	
Total	41	21,37830		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

A Tabela 4.23 indica os valores médios dos açúcares totais da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento. Verifica-se que os açúcares totais no tempo zero não diferem estatisticamente do tempo 10 dias, mas é diferente dos demais. Constata-se ainda que dos 10 até os 60 dias os açúcares totais se mantêm estatisticamente iguais, apresentando um caso isolado no tempo 50 dias que apresenta uma diferença significativa em relação ao tempo inicial e ao tempo 10 dias. Constata-se que os açúcares totais apresentaram uma diminuição de 2,3% entre o tempo inicial (0 dia) e o final. Tal diminuição é inferior ao encontrado por SOARES et al. (2001) que verificaram um percentual de redução do teor de açúcares totais de 11,22% para a acerola obtida pelo processo de desidratação em camada de espuma, após 3 meses de armazenamento em embalagem laminada.

Tabela 4.23. Valores médios dos açúcares totais da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares totais (% glicose)
0	47,6033 a
10	47,0133 ab
20	46,2983 bc
30	46,1600 bc
40	46,1500 bc
50	46,0050 c
60	46,5150 bc

DMS = 0,9559; MG = 46,5302 % glicose; CV = 1,14%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

A análise de variância dos valores médios dos açúcares totais, na embalagem de polietileno, da pitanga em pó, encontra-se na Tabela 4.24, na qual verifica-se efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.24. Análise de variância dos valores médios dos açúcares totais da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	28,85006	4,80834	17,3501 **
Resíduo	35	9,69977	0,27714	
Total	41	38,54983		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Os resultados dos valores médios dos açúcares totais da pitanga em pó armazenados na embalagem de polietileno durante 60 dias estão apresentados na Tabela 4.25. Verifica-se redução nos açúcares totais a partir do décimo dia, sem que esse tempo se diferencie estatisticamente do tempo inicial, do tempo 20 dias e do tempo 60 dias. A partir dos 30 dias os teores permanecem estatisticamente iguais, até o final do armazenamento. Das diferenças estatísticas entre os valores no tempo inicial e os valores nos tempos a partir de 20 dias tem-se a indicação de reduções nos teores de açúcares totais neste tipo de embalagem. Da mesma forma que na embalagem laminada, tem-se uma redução (3,5%) dos açúcares totais no final do armazenamento com relação ao início, sendo essa diminuição superior na embalagem de polietileno.

Contrariamente, SANTOS (2001) verificou uma tendência de aumento nos açúcares totais da pitanga armazenada sob atmosfera modificada na temperatura ambiente e sob refrigeração (10 e 14°C).

Tabela 4.25. Valores médios dos açúcares totais da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares totais (% glicose)
0	47,6033 a
10	46,6917 ab
20	46,5500 b
30	45,3767 c
40	45,3967 c
50	45,1267 c
60	45,9250 bc

DMS = 0,9499; MG = 46,0957% glicose; CV = 1,14%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.7. Açúcares redutores

A análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da pitanga em pó, na embalagem laminada, se encontra na Tabela 4.26, na qual se verifica que houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.26. Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	19,67868	3,27978	44,1914 **
Resíduo	35	2,59762	0,07422	
Total	41	22,27630		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Na Tabela 4.27 são apresentados os valores médios dos açúcares redutores da pitanga em pó na embalagem laminada durante o armazenamento. O valor dos açúcares redutores inicial foi de 24,79% de glicose, resultado inferior ao determinado por GALDINO et al. (2003) que foi de 96,39% de glicose para o umbu em pó, e superior ao da

polpa integral do presente estudo, indicando que houve uma concentração dos açúcares redutores na pitanga em pó.

Constata-se diferença significativa entre os valores médios dos açúcares redutores, porém entre os tempos 10 e 20 dias esses valores não diferem estatisticamente entre si, assim como entre os tempos 20, 40, 50 e 60 dias. O valor encontrado aos 30 dias de armazenamento difere significativamente dos outros tempos. Como ocorreu nos açúcares totais, também se tem redução (4,4%) nos açúcares redutores no final do armazenamento e pelos resultados verifica-se tendência de redução ao longo do tempo.

Tabela 4.27. Valores médios dos açúcares redutores da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares redutores (% glicose)
0	24,7866 a
10	24,1933 b
20	23,9133 bc
30	22,3500 d
40	23,6333 c
50	23,6817 c
60	23,6900 c

DMS = 0,4916; MG = 23,7498% glicose; CV = 1,15%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Tabela 4.28. Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	27,55955	4,59326	14,0057 **
Resíduo	35	11,47850	0,32796	
Total	41	39,03805		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Os valores médios dos açúcares redutores da pitanga em pó na embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.29, demonstram que houve uma redução nos açúcares redutores a partir do décimo dia de armazenamento, porém sem apresentar diferenças significativas entre os tempos inicial, 10 e 20 dias de armazenamento. Do tempo 30 dias até o final do armazenamento, verificam-se reduções, mas sem os valores diferirem estatisticamente. Do conjunto de valores tem-se, como nas amostras na embalagem laminada, redução dos açúcares redutores com o tempo de armazenamento.

O percentual de redução dos açúcares redutores nesta embalagem no final do armazenamento foi de 6,4%, percentual superior ao da pitanga em pó armazenada na embalagem laminada e inferior ao encontrado por SOARES et al. (2001) para acerola desidratada pelo método de secagem em camada de espuma que foi de 8,75% ao final de 60 dias de armazenamento.

Tabela 4.29. Valores médios dos açúcares redutores da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares redutores (% glicose)
0	24,7867 a
10	23,8750 ab
20	23,8500 ab
30	22,3500 c
40	22,4350 c
50	22,9733 bc
60	23,1933 bc

DMS = 1,0334; MG =23,3519% glicose; CV = 2,45%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.8. Açúcares não redutores

A análise de variância dos valores médios dos açúcares não redutores da pitanga em pó, na embalagem laminada, se encontra na Tabela 4.30. Verifica-se que não houve efeito significativo pelo teste F para o fator estudado.

Tabela 4.30. Análise de variância dos valores médios dos açúcares não redutores da polpa de pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	1,88132	0,31355	0,8605 ns
Resíduo	35	12,75307	0,36437	
Total	41	14,63439		

ns - não significativo; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Os valores médios dos açúcares não redutores da pitanga em pó na embalagem laminada, apresentados na Tabela 4.31, mostram que estes permaneceram inalterados ao longo do armazenamento. A partir desse comportamento, constata-se que houve uma degradação dos açúcares redutores no final do armazenamento, porém sem existir uma transformação em outros açúcares como os não-redutores. SOARES et al. (2001) para acerola desidratada pelo método de secagem em camada de espuma durante o período de armazenamento (90 dias), encontrou traços de não açúcares.

Comparando-se os valores iniciais dos açúcares não redutores com os redutores, tem-se que a maior parcela dos açúcares na pitanga em pó corresponde aos redutores, mantendo a mesma distribuição da polpa de pitanga integral.

Tabela 4.31. Valores médios dos açúcares não redutores da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares não redutores (% sacarose)
0	21,6767 a
10	21,6733 a
20	21,2317 a
30	21,1483 a
40	21,3900 a
50	21,3317 a
60	21,0950 a

DMS = 1,0892; MG = 21,3595% sacarose; CV = 2,83%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

A análise de variância dos valores médios dos açúcares não redutores da pitanga em pó, na embalagem de polietileno, se encontra na Tabela 4.32, na qual se verifica efeito significativo do tratamento ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.32. Análise de variância dos valores médios dos açúcares não redutores da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	3,28346	0,54724	1,6426 ns
Resíduo	35	11,66065	0,33316	
Total	41	14,9411		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Assim como na embalagem laminada os valores médios dos açúcares não redutores apresentados na Tabela 4.33, da pitanga em pó na embalagem de polietileno se mantiveram nos níveis iniciais ao longo do armazenamento.

Contrariamente, LIMA et al. (2005) observaram um decréscimo no teor de açúcares não redutores em melões desidratados osmoticamente seguido de secagem convencional e acondicionados em embalagem polipropileno biorentado (B.O.P.P), durante 180 dias de armazenamento a temperatura ambiente.

Tabela 4.33. Valores médios dos açúcares não redutores da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares não redutores (% sacarose)
0	21,6467a
10	21,6700 a
20	21,9767 a
30	21,8800 a
40	21,8150 a
50	21,0517 a
60	21,5950 a

DMS = 1,0415; MG = 21,6621% sacarose; CV = 2,66%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.9. Luminosidade

Encontra-se na Tabela 4.34 a análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L^*) da pitanga em pó na embalagem laminada, onde os resultados apresentam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F para o fator tempo.

Tabela 4.34. Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L^*) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	74,82571	12,47095	3,8543**
Resíduo	28	90,59600	3,23557	
Total	34	165,42171		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Na Tabela 4.35 estão os valores médios do parâmetro luminosidade (L^*) da pitanga em pó durante o armazenamento na embalagem laminada. São estatisticamente iguais os valores correspondentes ao tempo zero e os demais, exceto 60 dias, assim como se equivalem estatisticamente os valores nos tempos 20, 30, 50 e 60 dias, formando dois conjuntos que não demonstram influência do tempo de armazenamento. No entanto, observa-se um caso isolado em que o tempo 60 dias (final) difere estatisticamente dos dois primeiros tempos (inicial e 10 dias) e do tempo 40 dias. No último dia de avaliação do armazenamento ficou configurada uma diminuição de 10,7% na luminosidade com relação ao início.

GALDINO (2003) ao armazenar umbu em pó na mesma embalagem, na temperatura ambiente por 60 dias, verificou uma diferença de 2,1% entre o tempo inicial e final.

A média geral da luminosidade da pitanga em pó foi de 34,86, com coeficiente de variação de 4,37%.

Tabela 4.35. Valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L*)
0	35,88 a
10	35,84 a
20	34,00 ab
30	35,10 ab
40	36,32 a
50	34,82 ab
60	32,04 b

DMS = 3,0505; MG = 34,86; CV = 4,37%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Tem-se na Tabela 4.36 a análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da pitanga em pó armazenado na embalagem de polietileno, cujos resultados apresentam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F para o fator tempo.

Tabela 4.36. Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da pitanga em pó na embalagem polietileno, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	154,87771	25,81295	6,7921 **
Resíduo	28	106,41200	3,80043	
Total	34	261,28971		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Encontra-se na Tabela 4.37 os valores do parâmetro luminosidade das amostras embaladas em polietileno, observa-se que a luminosidade diminuiu, o que indica que o material sofreu uma alteração durante o armazenamento, com diferença significativa aos 60 dias de armazenamento, em relação aos tempos anteriores, com exceção do tempo 30 dias.

Na embalagem de polietileno, a diferença percentual entre o tempo zero e o final do armazenamento foi de 18,89%. Este valor é superior ao determinado por SILVA et al. (2005) para o umbu em pó e similar ao determinado por GOMES et al.(2004) para a acerola em pó, ambos armazenados também no mesmo tipo de embalagem.

Tabela 4.37. Valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L*)
0	35,88 a
10	34,38 ab
20	33,88 ab
30	31,24 bc
40	33,56 ab
50	33,50 ab
60	29,10 c

DMS = 3,91; MG = 33,12; CV = 5,89%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.10. Intensidade de vermelho (+a*)

Tem-se na Tabela 4.38 a análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó na embalagem laminada. Verifica-se diferença significativa pelo teste F para o fator tempo.

Tabela 4.38. Análise de variância dos valores do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	107,85086	17,97514	17,9316**
Resíduo	28	28,06800	1,00243	
Total	34	135,91886		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Encontra-se na Tabela 4.39 os resultados dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó armazenada em embalagem laminada. Detecta-se uma diminuição acentuada da intensidade de vermelho aos 60 dias (final do armazenamento) diferindo significativamente dos tempos anteriores, atingindo um percentual de redução de 26,74% com relação ao tempo zero. Esse comportamento também foi observado por AGUIRRE et al. (2003), que relataram o decréscimo na intensidade de vermelho como sendo a alteração mais evidente na cor da acerola em pó armazenada a temperatura ambiente na embalagem aluminizada.

A perda da vitamina C ocorrida durante o armazenamento na embalagem laminada pode ter sido a causadora da alteração da intensidade de vermelho, uma vez que a degradação da vitamina C é responsável pela formação de pigmentos escuros (MISHKIN et al., 1984).

Tabela 4.39. Valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)
0	23,04 a
10	20,98 b
20	21,04 ab
30	20,64 b
40	21,58 ab
50	21,48 ab
60	16,88 c

DMS = 2,01; MG = 20,82; CV = 4,81%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.40 encontra-se a análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó na embalagem de polietileno. Pode-se observar a diferença significativa pelo teste F para o fator estudado tempo.

Tabela 4.40. Análise de variância dos valores do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	192,29543	32,04924	14,5085 **
Resíduo	28	61,85200	2,20900	
Total	34	254,14743		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Estão apresentados na Tabela 4.41 os valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó, ao longo do armazenamento na embalagem de polietileno. Pode-se observar que não existe diferença significativa entre os valores da intensidade de vermelho dos tempos 10, 20 e 30 dias e dos tempos 30, 40 e 50, como também não difere os três últimos tempos. O tempo inicial difere estatisticamente dos tempos subsequentes, exceto com o tempo 10 dias.

A diminuição da intensidade de vermelho da pitanga em pó na embalagem de polietileno entre o tempo zero e o tempo final (60 dias) foi de 30,29%, sendo superior ao percentual de redução ocorrido com a amostra na embalagem laminada. Essa superioridade pode ser devido à transparência e permeabilidade da referida embalagem a qual expõe a amostra à luz, umidade e ao calor, proporcionando instabilidade da vitamina C, conseqüentemente contribuindo para sua degradação com formação de pigmentos escuros (TORIBIO & LOZANO, 1984; ALONSO, 2004).

Contrário a esse comportamento, GOMES et al. (2004) em seus resultados verificou que a acerola em pó obtida em leito de jorro, apresentou um aumento da intensidade vermelho de 35% no final do armazenamento (60 dias) na embalagem polietileno.

Tabela 4.41. Valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da pitanga em pó embalagem polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)
0	23,04 a
10	20,44 ab
20	20,78 b
30	19,20 bc
40	17,52 cd
50	17,52 cd
60	16,06 d

DMS = 2,00; MG = +19,22; CV = 5,18%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.11. Intensidade de amarelo (+b*)

Tem-se na Tabela 4.42 a análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da pitanga em pó na embalagem laminada. Verifica-se diferença significativa pelo teste F para o fator estudado tempo.

Tabela 4.42. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	61,21086	10,20181	2,8857*
Resíduo	28	98,98800	3,53529	
Total	34	160,19886		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Estão apresentados na Tabela 4.43 os valores médios da intensidade de amarelo da pitanga em pó durante o armazenamento na embalagem laminada. Verifica-se que os valores de intensidade de amarelo se mantiveram estatisticamente iguais ao longo do

armazenamento observando-se, no entanto, uma diferença significativa entre o tempo 40 dias e o tempo 60 dias, representando um caso isolado.

Esse comportamento é contrário ao encontrado por FIGUEIRÊDO (1998) que observou uma diminuição na intensidade de amarelo durante o armazenamento da acerola em pó em embalagem laminada.

Tabela 4.43. Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da pitanga em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)
0	33,98 ab
10	32,02 ab
20	31,92 ab
30	32,94 ab
40	34,86 a
50	33,66 ab
60	30,68 b

DMS = 3,77; MG = +32,87; CV = 5,72%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.44 encontra-se a análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b) da pitanga em pó na embalagem de polietileno. Observa-se diferença significativa pelo teste F para o fator estudado tempo.

Tabela 4.44. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	205,48743	34,24790	8,2338 **
Resíduo	28	116,46400	4,15943	
Total	34	321,95143		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Os valores médios do parâmetro intensidade de amarelo ($+b^*$) apresentados na Tabela 4.45, sofreram variações durante o armazenamento. Observa-se que a intensidade de amarelo permaneceu inalterada até 40 dias, não existindo diferença significativa entre o tempo inicial e os tempos 10, 20, 30 e 40 dias. Entretanto, existe uma tendência de redução de $+b^*$ com o tempo, a qual é estatisticamente confirmada nos dois últimos tempos de armazenamento quando comparada com o início. A redução no valor da intensidade amarelo ($+b^*$) no final do armazenamento com relação ao tempo inicial, foi de 21,95%. Esse comportamento de diminuição para este parâmetro é similar ao verificado por GALDINO (2003) para polpa de umbu em pó, porém com um percentual de redução inferior (12,5%).

Tabela 4.45. Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo ($+b^*$) da pitanga em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo ($+b^*$)
0	33,98 a
10	30,78 ab
20	31,02 ab
30	30,56 ab
40	30,52 ab
50	29,86 bc
60	26,52 c

DMS = 3,38; MG = +30,46; CV = 5,53%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.3. Cinética de secagem

Na Figura 4.1 estão representadas as cinéticas de secagem da polpa de pitanga, nas temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C, na forma do adimensional de umidade em função do tempo. Constata-se que as curvas de secagem foram influenciadas pela temperatura, com a redução gradativa nos tempos sob o efeito da utilização de temperaturas mais elevadas do ar de secagem. Observa-se que a perda de umidade é mais rápida no início do processo, com tempos aproximados de secagem de 8 horas para a temperatura de 50°C, de 5 horas

para a temperatura 60°C e de 4 horas para temperatura de 70°C. A temperatura é a variável de maior influência no processo. GOUVEIA et al. (2002) utilizaram o planejamento experimental na avaliação da cinética de secagem de caju, para a identificação dos efeitos da temperatura e velocidade do ar de secagem e verificaram que a temperatura foi o fator que exerceu maior influência no processo. Este comportamento foi também observado por PRADO et al. (2000) e FARIAS et al.(2002) secando tâmaras e cajá, respectivamente.

No Apêndice B, Tabelas B.1 a B.3, encontram-se os valores experimentais da cinética de secagem da polpa de pitanga para as temperaturas de 50, 60 e 70°C.

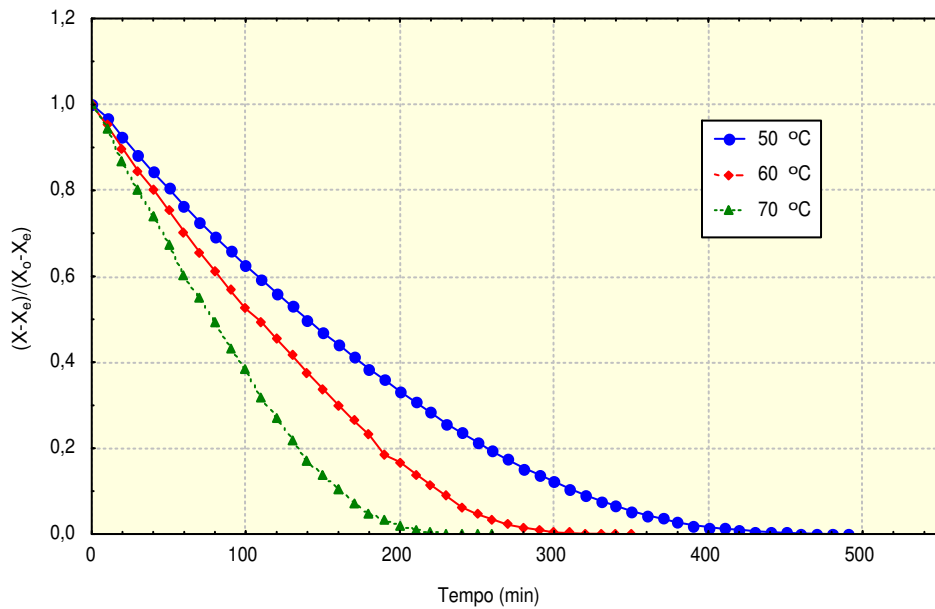


Figura 4.1. Curvas de secagem da polpa de pitanga nas temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C

Na Tabela 4.46 têm-se os valores dos parâmetros dos modelos de Page, Henderson & Pabis e Lewis ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem da polpa de pitanga, e os coeficientes de determinação (R^2), para as temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C.

Verifica-se que, dentre os modelos testados, o de Page, com dois parâmetros, apresentou os maiores valores de R^2 para todas as temperaturas, ajustando-se melhor aos dados observados. O modelo de Henderson & Pabis (dois parâmetros), apresentou superioridade em relação ao modelo de Lewis (um parâmetro). Os parâmetros n do modelo de Page, k e a do modelo de Henderson & Pabis, e k do modelo de Lewis apresentaram aumento com o aumento da temperatura.

Todos os modelos apresentarem valores de R^2 superiores a 0,95 podendo ser utilizados na estimativa das curvas de secagem da pitanga, secas pelo processo de secagem em camada de espuma.

Tabela 4.46. Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem da polpa de pitanga e coeficientes de determinação (R^2)

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		R^2
		k	N	
Page	50	0,000955	1,3446	0,9948
	60	0,000781	1,4634	0,9927
	70	0,001063	1,5002	0,9947
Henderson & Pabis	Temperatura (°C)			R^2
	50	0,006490	1,0991	0,9762
	60	0,008747	1,1070	0,9663
	70	0,012154	1,1124	0,9650
Lewis	Temperatura (°C)	K		R^2
	50	0,005939		0,9666
	60	0,007932		0,9544
	70	0,011017		0,9522

Nas Figuras 4.2 a 4.4 estão apresentadas as curvas de secagens da polpa de pitanga, nas temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C, com ajustes pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Lewis. Verifica-se visualmente nessas figuras, que a curva gerada a partir do modelo de Page se aproxima mais dos pontos experimentais do que os demais modelos. GUNHAN et al. (2004) relataram que o modelo de Page apresentou melhor ajuste aos dados experimentais da secagem de orégano em secador com temperaturas (40, 50 e 60 °C) e umidades (5%, 15% e 25%) controladas com a velocidade do ar de secagem 1,5m/s.

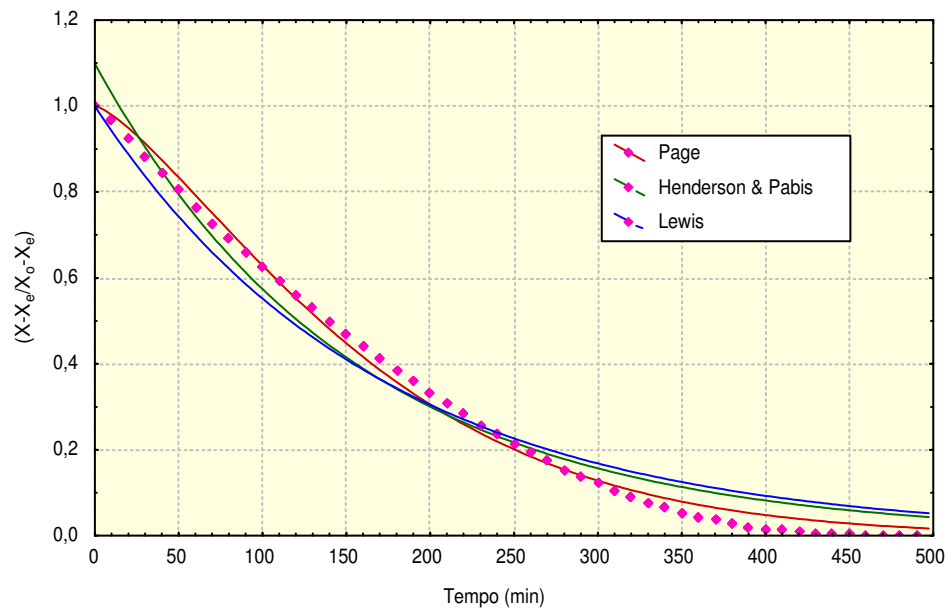


Figura 4.2. Curvas de secagem da polpa de pitanga para temperatura de 50°C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Lewis

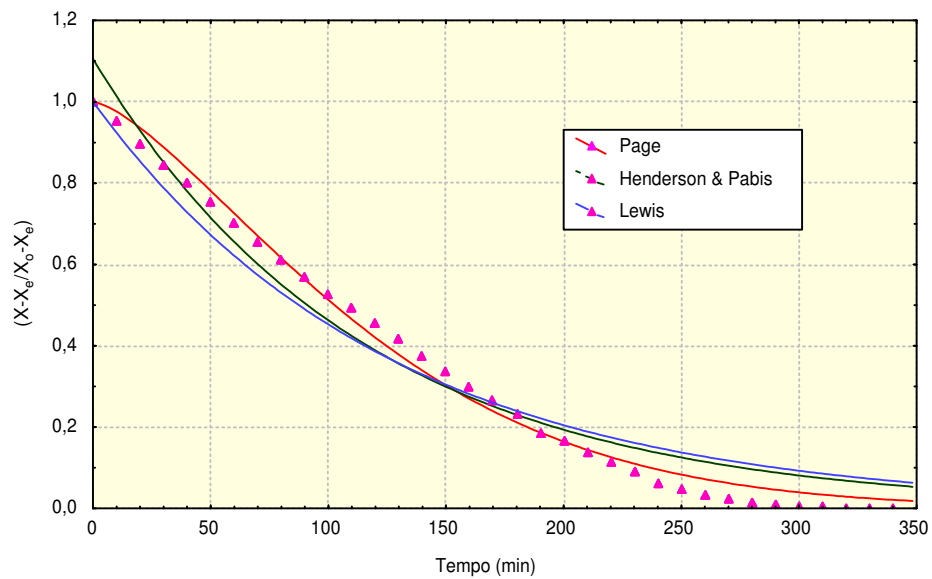


Figura 4.3. Curvas de secagem da polpa de pitanga para temperatura de 60°C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Lewis

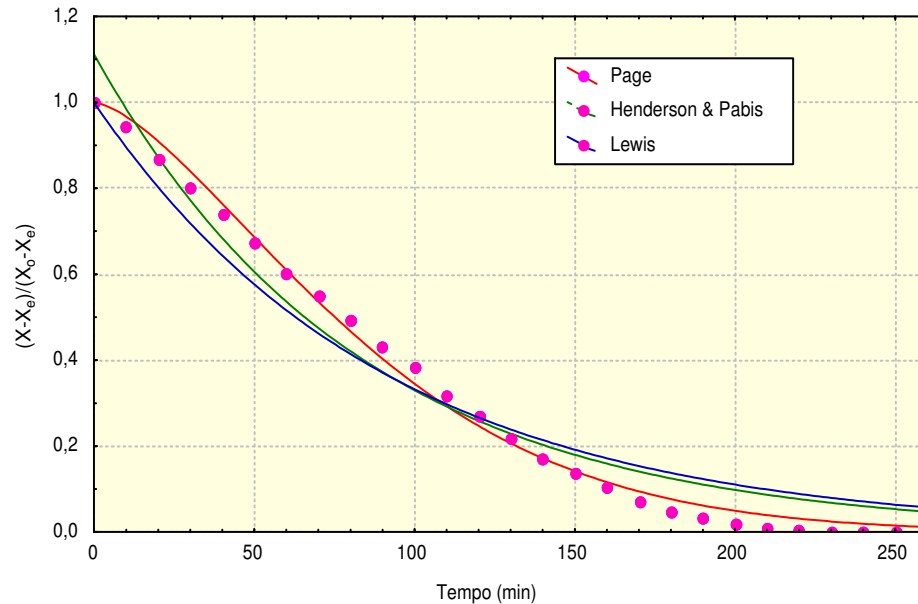


Figura 4.4. Curvas de secagem da polpa de pitanga para temperatura de 70°C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Lewis

4.4. Isotermas de adsorção de umidade

Encontram-se na Tabela 4.47 e 4.48 os resultados dos valores experimentais da umidade de equilíbrio da pitanga em pó e suas respectivas atividades de água nas diferentes temperaturas.

Verifica-se que as umidades de equilíbrio (U_{eq}) aumentam com o aumento da atividade de água (a_w) e que, na maioria dos casos, diminuem com o aumento da temperatura. Este comportamento é similar ao reportado por PARK et al. (2001) ao estudarem o comportamento da umidade de equilíbrio em pêra desidratada, em função da atividade de água.

Tabela 4.47. Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) da pitanga em pó em função da atividade de água (a_w), nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C.

Temperatura (°C)	a_w	U_{eq} (% b.s.)
10	0,2338	21,34
	0,3347	26,04
	0,4314	38,66
	0,5736	44,52
	0,6215	47,47
	0,7567	64,48
	0,8206	73,94
	0,8677	88,92
20	0,2311	21,32
	0,3307	24,72
	0,4316	26,69
	0,5438	30,88
	0,5914	32,81
	0,7547	51,63
	0,8134	57,21
	0,8511	69,66
30	0,2161	23,76
	0,3244	26,41
	0,4317	30,89
	0,5140	32,89
	0,5603	34,84
	0,7509	47,75
	0,8063	59,53
	0,8362	63,51
40	0,9708	76,07
	0,2040	23,43
	0,3160	24,94
	0,4320	30,89
	0,4842	33,05
	0,5317	35,21
	0,7468	48,34
	0,7991	59,72
0,8232	63,04	
0,9589	74,77	

As isotermas de adsorção a 10, 20, 30 e 40°C da pitanga em pó com seus valores de umidades de equilíbrio (U_{eq}) a diferentes atividades de água (a_w) estão representadas na Figura 4.5.

Observa-se que as umidades de equilíbrio aumentam com o aumento da atividade de água (a_w) e que as curvas apresentam comportamento típico de isotermas do tipo III, de acordo com classificação de BRUNAUER (1938).

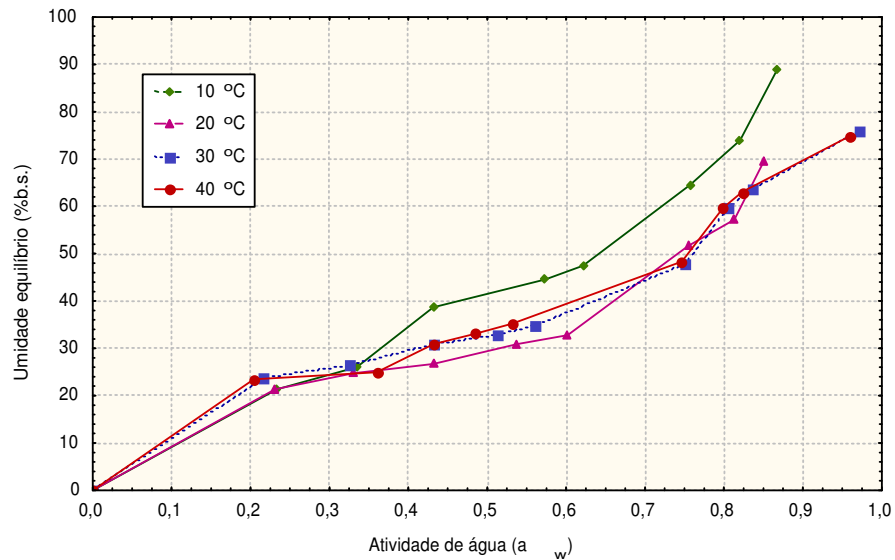


Figura 4.5. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó

Tem-se na Tabela 4.48 os valores dos parâmetros dos modelos de Peleg, GAB e Oswin, ajustados as isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 10°C, 20°C, 30°C e 40°C. Observa-se que os modelos de Peleg e GAB apresentaram valores de R^2 acima de 0,97 e os menores valores de P (<7) em todas as temperaturas estudadas. Este resultado se assemelha ao verificado por CHAVES et al. (2004b) ao estudarem as isotermas de adsorção de berinjela, ao observarem que esses modelos apresentam um ajuste melhor aos dados experimentais.

Encontra-se no Apêndice C, Tabela C.1 a C.16 os valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó, os resíduos e os erros relativos dos modelos testados.

Comparando-se o modelo de Peleg com o de GAB, verifica-se, ainda, que os valores de R^2 são maiores no modelo de Peleg, cujos ajustes também resultaram nos menores valores de P , indicando melhor estimativa do 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. PARK et al. (2001) também 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.

Em relação aos valores da umidade na monocamada (X_m) do modelo de GAB para temperaturas de 10°C, 30°C e 40°C os valores estão próximos aos determinados por GALDINO (2003) para umbu em pó a uma temperatura de 25°C, desidratado pelo método de secagem em camada de espuma. 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. Verifica-se que os valores de X_m entre as temperaturas de 20 e 40°C apresentam aumento com o aumento da temperatura. Esse comportamento foi verificado por FERREIRA & PENA (2003) para determinação de isotermas de adsorção da farinha pupunha nas temperaturas de 15 °C e 35 °C.

Quanto ao parâmetro k do modelo de GAB, que representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido, observa-se valores menores que um (1), variando entre 0,6 e 0,8. Tem-se uma diminuição desse parâmetro com o aumento da temperatura, para a faixa de temperatura entre 20 e 40°C, comportamento inverso ao do parâmetro X_m . DA COSTA et al. (2003) ao estudarem as isotermas de adsorção de pós de beterraba, abóbora e cenoura, obtidos em leite de jorro, encontram valores de K também menores que um (1) e próximos aos encontrados no presente trabalho, exceto para o pó de beterraba, que foi de 0,13. Em relação a constante de sorção c , que é função das interações entre sítios ativos do produto e as moléculas de água, foram observadas grandes diferenças nos valores das quatro temperaturas estudadas, sem que estes apresentassem uma tendência de comportamento.

O modelo de Oswin com dois parâmetros se ajustou bem aos dados experimentais na temperatura de 10°C, apresentando coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,99. PENA et al. (1997), ao utilizarem a mesma equação para determinação das isotermas de adsorção de umidade do guaraná em pó, nas temperaturas de (15, 25 e 35° C) obtiveram valores semelhantes para os coeficientes de determinação (R^2).

Segundo BOQUET et al. (1978) a utilidade de um modelo dependerá dos objetivos que se queira determinar, por exemplo, na avaliação do tempo de vida útil do produto,

deve-se selecionar o modelo que se ajusta melhor aos dados experimentais e com maior fundamentação teórica.

Tabela 4.48. Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção da pitanga em pó, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P)

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros				R^2	P (%)
		k_1	n_1	k_2	n_2		
Peleg	10	103,7460	9,9830	71,5465	0,8229	0,9940	3,49
	20	91,1589	5,6321	33,3937	0,2982	0,9932	2,37
	30	63,4221	2,3199	18,1495	-0,1370	0,9871	3,64
	40	70,8423	1,8078	9,6853	-0,4343	0,9872	3,37
GAB	Temperatura (°C)	X_m	c	K	R^2	P (%)	
GAB	10	26,2613	9,2198	0,8198	0,9903	4,17	
	20	16,1905	1949218,0	0,8961	0,9907	3,78	
	30	24,7405	15,7801	0,7139	0,9756	5,40	
	40	26,6610	10,9354	0,6976	0,9742	6,47	
Oswin	Temperatura (°C)	a	b	R^2	P (%)		
Oswin	10	38,7016	0,439436	0,9916	4,38		
	20	30,5887	0,449790	0,9770	6,91		
	30	36,0544	0,235405	0,8948	11,01		
	40	35,9169	0,258560	0,9055	10,22		

Na Figura 4.6 são apresentadas as isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó em quatro temperaturas (10°C, 20°C, 30°C e 40°C) ajustadas pelo modelo de Peleg. Observam-se aumentos das umidades de equilíbrio com o aumento da atividade de água. Em a_w menores que 0,2, a curva referente à temperatura de 10°C tem as menores umidades de equilíbrio, mas a partir da a_w de 0,3 nessa mesma temperatura as umidades de equilíbrio são maiores do que nas demais temperaturas, esse comportamento geralmente é o padrão, onde as amostras são mais higroscópicas em temperaturas menores (KAPSALIS, 1987). Ao longo de toda a faixa de a_w as curvas referentes às temperaturas de 30 e 40°C apresentam comportamento idêntico, praticamente aparecem sobrepostas, sem indicação de

diferença significativa. A partir da a_w igual a 0,8 a curva referente à 20°C supera as curvas a 30°C e 40°C, sendo válido afirmar para esta faixa de a_w ($>0,8$) que o aumento da temperatura causou um decréscimo da quantidade de água adsorvida. Para a de faixa entre $0,3 > a_w < 0,8$ as curvas a 30 e 40°C ocupam posição superior em relação à curva a 20°C, neste caso esse comportamento pode ser justificado de acordo com KAPSALIS (1987) devido a certos açúcares e outros constituintes dos alimentos de baixo peso molecular tornarem-se mais higroscópicos em temperaturas maiores, dissolvendo-se na água. Segundo GIOIELLI & PITOMBO (1998) nem sempre as isotermas de sorção em diversas temperaturas apresentam separação consistente, ao longo de toda a curva. Devido à composição complexa dos alimentos, em baixas atividades de água, a sorção deve-se aos polímeros alimentícios e o aumento da temperatura tende a deslocar as curvas para baixo em relação às abscissas.

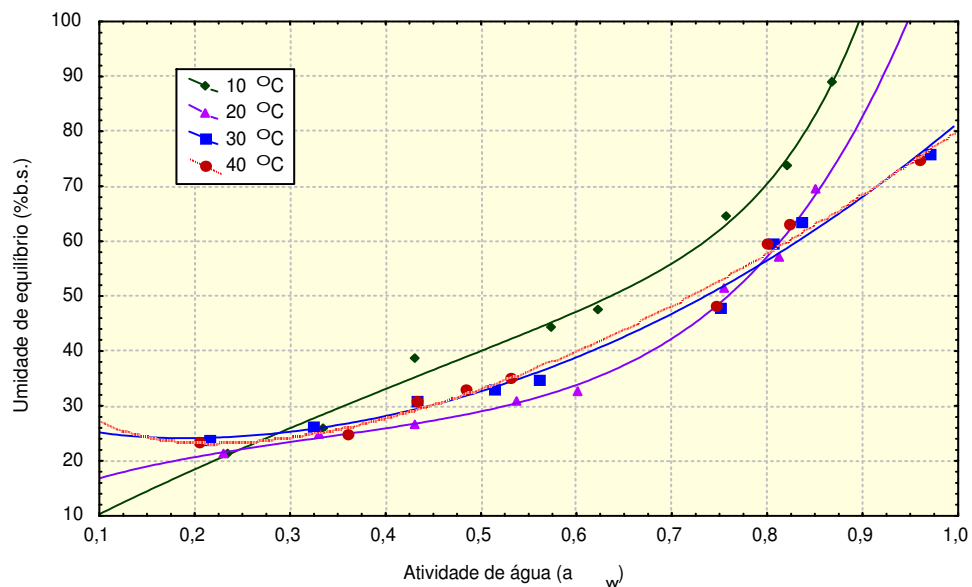


Figura 4.6. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, ajuste pelo modelo de Peleg

As isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, nas quatro temperaturas estudadas, ajustadas pelo o modelo de GAB, estão na Figura 4.7. Verifica-se que não existe grande influência da temperatura sobre as umidades de equilíbrio da pitanga em pó para atividades de água inferiores a 0,3. A partir da a_w de 0,3 a curva referente à temperatura de 10°C ocupa uma posição superior em relação às demais temperaturas, todavia a curva na

temperatura de 20°C encontra-se em posição inferior as temperaturas de 10°C, 30°C e 40°C até uma a_w próxima a 0,8.

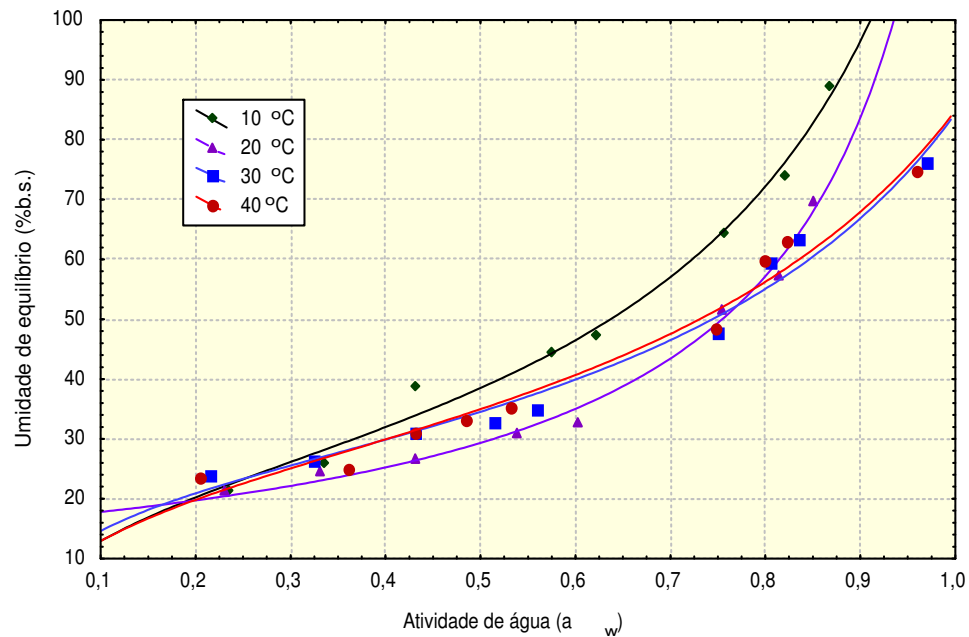


Figura 4.7. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, ajuste pelo modelo de GAB

Na Figura 4.8 tem-se as isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, nas temperaturas de 10°C, 20°C, 30°C e 40°C, ajustadas pelo modelo de Oswin.

Observa-se que em a_w inferior a 0,4, ou seja, nas atividades de água mais baixas, as curvas ajustadas com as maiores umidades de equilíbrio correspondem às temperaturas mais altas. Para a_w maiores que 0,4 a curva referente à temperatura de 10°C ocupa posição superior as demais temperaturas repetindo o ajuste dos modelos de Peleg e GAB. Para a_w acima de 0,7 a curva na temperatura de 20°C supera as curvas das temperaturas de 30°C e 40°C. O cruzamento aqui detectado foi também encontrado por GALDINO (2003) para pó de umbu na mesma atividade de água usando a equação de Oswin, porém com diferentes temperaturas.

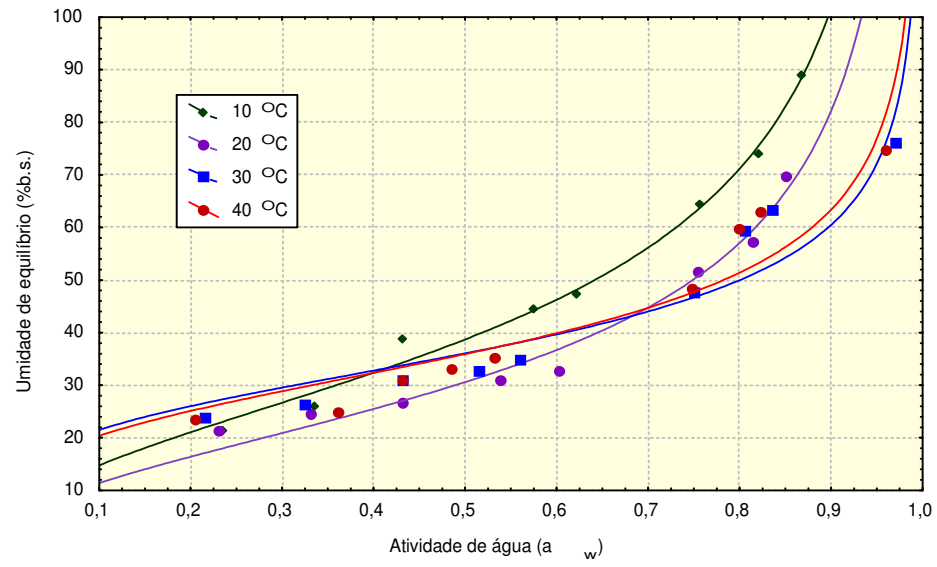


Figura 4.8. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, ajuste pelo modelo de Oswin

5. CONCLUSÕES

Em relação aos valores médios do pH, sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total titulável (% ácido cítrico), açúcares totais e sólidos totais a polpa de pitanga se apresentou dentro dos padrões de qualidade estabelecidos pelo Ministério da Agricultura.

Dos resultados da pitanga em pó armazenada sob atmosfera ambiente, observou-se que:

- A embalagem laminada apresentou melhores resultados quanto à manutenção da umidade, pH, cinzas e açúcares redutores.
- Na embalagem de polietileno observou-se melhor manutenção da acidez total titulável.
- Em ambas as embalagens se notaram igual desempenho quanto os teores de ácido ascórbico, açúcares totais e de açúcares não redutores.
- Todos os parâmetros de cor sofreram alterações nas amostras acondicionadas em embalagem de polietileno. Nas amostras em embalagem laminada detectou-se alteração apenas no parâmetro intensidade de vermelho.

Quanto à cinética de secagem da polpa integral de pitanga:

- A secagem das polpas formuladas de pitanga foi desidratada em tempos aproximados de 4, 5 e 8 horas nas temperaturas de 70, 60 e 50°C, respectivamente.
- O modelo de Page se ajustou melhor aos dados experimentais da secagem.

Quanto às isotermas de adsorção de umidade da polpa de pitanga em pó:

- Os modelos de GAB, Peleg e Oswin ajustaram satisfatoriamente os dados experimentais das isotermas de adsorção de umidade, com a equação Peleg resultando nos melhores ajustes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; LIMA, A. W. O.; SOUSA, C. P. **Aspecto da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: UFPB, v.1, 2002. 198 p.

ALMEIDA, J. R. de.; VALSECHI, O. **Guia de composição de frutas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1996. 250p.

ALONSO, G. M. **Influencia de la temperatura, el envase y la atmósfera en la conservación de uvas pasas y de albaricoques deshidratados**. 2003. 310 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universitat de Valencia.

ALVES, R. M. V.; BORDIM, M. R.; GARCIA, E. E. C. Aplicação de um modelo matemático na estimativa da vida-de-prateleira de biscoitos “cream craker”. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 89-101, 1996.

ANAGOSTOPOULOS, G. Water activity in food. **Nutrition and Food Science**, v. 59, p. 6-7, 1979.

APENBURG, O. R. O. **Desidratação do côco pelo processo “FOAM MAT” (côco em pó)**. 1971. 37 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 1. ed. Viçosa. Imprensa Universitária, 1995. 335 p.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16. ed. Maryland: AOAC, 1997. 1141p.

ABIA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO. **O sistema e a indústria agroalimentar no Brasil: Diagnóstico de Competitividade, Indicadores e Tendências**. São Paulo: ABIA. 1993. 272p.

AUBERT, J. H.; KRAYNIK, A. M.; RAND, P. B. Aqueous foams. **American Scienti.**, v. 241, p. 74–83, 1989.

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

AZZOUZ, S.; JOMAA, W.; BELGHITH, A. Drying kinect equation of single layer of grapes. In: INTERNACIONAL DRYING SYMPOSIUM, 11., 1998, Halkidiki, Greece. **Proceedings...** Greece: A. S. Mujumdar, 1998. v. B, p. 988-997.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; VEJA-MERCADO, H. **Dehydration of foods**. New York: Chapman & Hall, 1996. 330 p.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Uso de aditivos. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. de. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3, cap. 7, p. 153-190.

BATES, R. P. Factors affecting foam production and estabilization of tropical fruit products. **Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 93-96, 1963.

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, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.

BERRY, R. E.; BISSETT, O. W.; LASTINGER, J. C. Method for evaluating foams from citrus concentrates. **Food Technology**, v. 19. p. 144–147, 1965.

BEZERRA, J. E. F.; SILVA, J. R. J. F.; LEDERMAN, I. E. **Pitanga (*Eugenia uniflora* L.)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 30 p. (Série Frutas Nativas, 1).

BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; SILVA, J. F. Jr. da; ALVES, M. A. Comportamento da pitangueira (*Eugenia uniflora* L) sob irrigação na Região do Vale do Moxotó, Pernanbuco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 177-179, 2004.

- BLASS, A. **Processamento de polímeros**. 2. ed. Florianópolis : UFSC, 1988. 312 p.
- BLEINROTH, E. W. **Tecnologia de pós-colheita de frutos tropicais**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1988. 200 p.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 306 p.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992. 223 p.
- 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.
- BRANDARI, B. R.; SENOUSSI, A.; DUMOULIN, E. D.; LEBERT, A. Spray drying of concentrated fruit juices. **Drying Tecnology**, v. 11, n. 5, p. 1081-1092, 1993.
- BRASIL. Instrução normativa n^o 1, de 7 de janeiro de 2000. Estabelece o regulamento técnico para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para a polpa de fruta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília – DF, 10 de janeiro. 2000 seção 1, n. 6, p.54-56.
- BRASIL, I. M.; GUIMARÃES, A. C. L. **Química e bioquímica do processamento**. Brasília: ABEAS, 1998 (Curso de Tecnologia em Processamento de Suco e Polpa Tropicais - Módulo 5).
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKENA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: AVI, 1992. 450 p.
- BRUNAUER, S.; EMMETT, T. H.; TELLER, F. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of American Chemistry Society**, v. 60, n. 1, p. 309-319, 1938.

CABRAL, A. C. D.; MADI, L. F. C.; SOLER, R. M.; ORTIZ, S. A. **Embalagem de produtos alimentícios**. São Paulo, 1983. 73 p.

CALIL, R. M.; AGUIAR, J. **Aditivos nos alimentos**. São Paulo: Calil, 1999. 139 p.

CALVACANTE, M. L. **Composição de carotenóides e valor de vitamina A na pitanga (*Eugenia uniflora*) e acerola (*Malpighia glabra*)**. 1991. 73 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CARVALHO, J. T. de; GUERRA, N. B. **Efeitos de diferentes tratamentos técnicos sobre as características do suco de acerola**. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. Vitória da Conquista – BA, 1995. p. 96-101.

CASTRO, F. A. F.; AZEVEDO, R. M. C.; SILVEIRA, I. L. **Estudo experimental dos alimentos**. Viçosa: UFV, 1998. 17 p.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. Campinas: UNICAMP, 1999. 212 p.

CHAVES, J. B. P. **Controle de qualidade para indústria de alimentos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 31 p.

CHAVES, J. B. P. **Noções de microbiologia e conservação de alimentos**. Viçosa: UFV, 1993. 113 p.

CHAVES, M. da C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, 2004a.

CHAVES, M. G; SGROPPO, S. C.; AVANZA, J. R. Isotermas de adsorción de berenjenas deshidratadas. **Comunicaciones Científicas y Tecnológicas**, Resumen E-081, 2004b.

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H.; BESANÇON, P. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, v. 2, 1999. 404 p.

CHEN, C.; WU, P. Thin layer drying model for rough rice with high moisture content, **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 80, n. 1, p. 45-52, 2001.

CHEN, C.; JAYAS, D. S. Evaluation of the GAB equation for the isotherms of agricultural products. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v. 41, n. 6, p. 1755-1760, 1998.

CHIRIFE, J.; RESNIK, S. L. Unsaturated solutions of sodium chloride as reference sources of water of activity at various temperatures. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 1486-1488, 1984.

CHITARRA, A. B. **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. cap. 1, p. 1-58.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. D. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

CIABOTTI, E. D.; BRAGA, M. E. D.; CALVACANTI-MATA, M. E. R. M. Alterações das características físico-químicas da polpa de maracujá amarelo submetido a diferentes técnicas de congelamento inicial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 51-60, 2000.

CLYDESDALE, F. M. Color: origin, stability, measurement and quality. In: TAUB, I. A.; SINGH, R. P. **Food storage stability**. Boca Raton: CRC, 1998. p. 175-190.

CORRÊA, P. C.; ALMEIDA, F. A. C. Comparação de modelos matemáticos de equilíbrio higroscópico para semente e fibra de algodão herbáceo, cultivar redenção. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 1-6, 1999.

CORRÊA, P. C.; AFONSO Jr., P. C.; STRINGHETA, P. C. Estudo do fenômeno de adsorção de água e seleção de modelos matemáticos para representar a higroscopicidade do café solúvel. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 19-25, 2000.

CORRÊA, P. C.; MOURE, J. Higroscopicidad y propiedades térmicas de semillas de sorgo. **Alimentacion Equipos y Tecnologia**, Madri, v. 29, n. 1, p. 149-153, 2000.

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Globo Rural, 1989.

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos**. São Paulo: Globo, 1990. 270 f.

DA COSTA, J. M. C; DE MEDEIROS, M. F. D; DA 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 leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n.1, p. 5-9, 2003.

DICKINSON, E.; STAINSBY, G. Progress in the formulation of food emulsions and foams. **Food Technology**, v. 41, n. 9, p. 74–116, 1987.

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. 2000. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

DZIEZAK, J. D. A focus on gums. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 3, p. 117-132, 1991.

EPSTAIN, L. H. H. Pitanga, gostosa e perfumada. **Bahia Agrícola**, v. 2, n. 2, p. 13-16, 1998.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia dos alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1994. 270 p.

FAFEP/SINE - PB (FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DA PARAÍBA - SISTEMA NACIONAL DE EMPREGO). **Curso de tecnologia de industrialização de frutas**. João Pessoa, 1997. 24 p.

FARIAS, S. do N. **Secagem de sólidos esferoidais usando o método de Gallerkin**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

FARIAS, E. da S.; GOUVEIA, J. P. G. de ; ALMEIDA, F. de A. C.; BRUNO, L. de A.; NASCIMENTO, J. do. Secagem de cajá em um secador de leito fixo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2002, Belém. **Anais...** 2002. p. 5. CD.

FERREIRA, J. C.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; BRAGA, M. E. D. Cinética de congelamento de polpa de umbu a duas temperaturas criogênicas In: CONGRESO LATINOAMERICANA Y DEL CARIBE DE INGENIERIA AGRÍCOLA, 2000, Irapuato. **Anais...** 2000.

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

FIGUEIRÊDO, R. M. F. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia puniceifolia*, L.)**. 1998. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FIGUEIRÊDO, R. M. F. de.; GRANDIN, A.; MARTUCCI, E. T. Armazenamento do suco de acerola microencapsulado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 1–6, 2001.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 1998. 307 p.

FRANCIS, J. T. **Tópicos especiais de secagem**. São Carlos: UFSCar, 1992. v 1, 330 p.

FREIRE, J. T. **Tópicos especiais de secagem**. São Carlos: Nobel, 1992. 284 p.

GAL, S. The need for, and practical applications of sorption data. In: JOWIT, R.; ESCHER, F.; HALLSTROM, B.; MEFERT, H.; SPIESS, W.; VOS, G. **Physical properties of foods**. London: Elsevier Applied Science, v. 2, p. 13-25, 1987.

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

GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. de M; FIGUEIRÊDO, R. M. F; SILVA, R. N. G. da. Avaliação da estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 73-80, 2003.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1998. 284 p.

GIOIELLI, L. A.; PITOMBO, R. N. M. Conservação de alimentos pelo controle da umidade. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. de. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. cap. 6, p.123-152.

GLASS, V. Pitangueira. **Globo Rural**, v. 12, n. 143, p. 63-65, 1997.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1975. 446 p.

GOMES, P. M. de A. **Estudo da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D. C) desidratada em leite de jorro**. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GOMES, P. M. de A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F; QUEIROZ, A. J. de M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3. p. 384-389, 2004.

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

GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal of Research Nat. Bur. of Standards**, v. 81, n. 1, p. 89-96, 1977.

GUEDES, A. M. M.; FARIAS, L. J. G. Determinação da constante de secagem de urucum (*Bixa orellana* L.) em secador convectivo de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 73-86, 2000.

GUIMARÃES, F. A. Contribuição tecnológica ao processamento e conservação da polpa de pitanga (*Eugenia uniflora* L.). **Boletim da SBCTA**, v. 17, n. 1, p. 1-13, 1983.

GUIMARÃES, F. A.; HOLANDA, L. F. F.de.; MAIA, G. A; MOURA FÉ, J. de A. Estudos analíticos e físicos em polpa e semente de pitanga (*Eugenia uniflora* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 2, p. 208-215, 1982.

GUNHAN, T.; DEMIR, V.; HANCIOGLU, E; HEPBASLI, A. Mathematical modelling of drying of bay leaves. **Energy Conversion & Management**, v. 46, n. 11-12, p. 1667-1679. 2005.

HALL, C. W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport: AVI, 1980. 381p.

HANLON, J. F. **Handbook of package engineering**. 2. ed. Baskerville: McGraw-Hill, 1984. 530 p.

HARRIS, R. S. Effects of agricultural practices on foods of plant origin. In: HARRIS, R. S.; KARMAS, E. **Nutritional evaluation of food processing**. Connecticut: AVI Publishing, 1977. cap. 6, p. 33-57.

HART, M. R.; GRAHAM, R. P.; GINETTE, L. F.; MORGAN, A. I. Foams for foam-mat drying. **Food Technology**, v.17, p. 1302–1304. 1963.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory: I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agr. Eng. Res.**, v. 33, p. 169-174, 1961.

HENG, K.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the product quality. **Sciences des Aliments**, v. 10, n. 4, p. 831-847, 1990.

HENSHALL, J. D. Ascorbic acid in fruit juices and beverages. In: COUNSELL, J. N.; HORNING, D. H. **Vitamin C (ascorbic acid)**. London: Applied Science, 1981.

ILARI, J. L. Analyse des principales difficultés rencontrées dans le mélange d'ingrédients particuliers en phase sèche. **Laboratoire de Génie des Procédés**, Nantes, France, p.141-148, 1995.

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: O Instituto, 1985. v.1, 533 p.

JAYARAMAN, K. S.; DAS GUPTA, D. K. Dehydration of fruits and vegetables: recent developments in principles and techniques. **Drying Technology**, v. 10, n. 1, p. 1-50, 1992.

KANNER, J.; FISHBEIN, J.; SHALOM, P.; HAREL, S.; BEM-GERA, I. Storage stability in orange juice concentrate packaged aseptically. **Journal of Food Science**, v. 14, p. 429-431, 1982.

KAPSALIS, J. G. Influences of hysteresis and temperature on moisture sorption isotherms. In: ROCKLAND, L. B.; BEUCHAT, L. R. **Water activity: theory and applications to food**. New York: Marcel Dekker, 1987. cap. 9, p. 173-213.

KEEY, R. B. **Drying: principles and practice**. Oxford: Pergamon Press, 1972. 358 p.

KORBES, V. C. **Plantas medicinais**. 48. ed. Francisco Beltrão: Associação de Estudos, Orientação e Assistência Rural, 1995. 188 p.

KEFFORD, J. F.; CHANDLER, B. V. **The chemical constituents of citrus fruits**. New York: Academic Press, 1970. 225 p.

KEOLEIAN, G.; SPITZLEY, D. Improving life-cycle design and management of milk packaging. **Journal of Industrial Ecology**, v. 3, n. 1, p. 111-125, 1999.

LABUZA, T. P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, v. 22, p. 263-272, 1968.

LARA, S. R. Tecnologia geral de aplicação de carragena. In: SIMPÓSIO SOBRE HIDROCOLÓIDES. **Anais...** Campinas, ITAL, p. 22-50, 1993.

LEDERMAN, I. E.; BEZERRA, J. E. F.; CALADO, G. **A pitangueira em Pernambuco**. Recife: Secretaria de Agricultura, Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária-IPA 1992. 20 p. (Documentos, 19).

LEITÃO, M. F de F. Microbiologia de frutas tropicais e seus produtos. In: **Alguns Aspectos Tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos**. São Paulo: ITAL, 1980, p. 83-126 (Série Frutos Tropicais).

LETRAS, J. **Embalagens e resíduos de embalagens de plástico: projetar para reciclagem – atuação responsável**. Trabalho final da disciplina de Ecologia Industrial do Mestrado em Engenharia e Gestão de Tecnologia, Lisboa, 2001.

LIMA, E. M.; FREIRE, J. L. O.; FERREIRA, E. G.; SILVA, A. Q. da.; SILVA, H. Características físico-químicas de frutos e avaliação biométrica da pitangueira no Estado da Paraíba. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 19., 1995. **Resumos...** Recife, 1995. p. 47.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LIMA, L. S.; NASCIMENTO, P. P. Caracterização físico-química e sensorial de pitanga roxa. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 22, n. 3, p. 382-385, 2000.

LEWIS, W. K. The rate of drying of solid materials. **Journal of Ind. Engineering. Chem.**, v. 5, p. 427-432, 1921.

LOISEL, C. **Contribution a l'étude des propriétés rhéologiques de quelques de poudres alimentaires: influence des contributions hygrométriques**. 1988. 250 f. Thèse

(Douteur en Sciences et Technologie des Pouductions Végétales et Alimentaires) –
Universite de Nantes, Nantes, France.

LOX, F. Waste management – **Life Cycle Analysis of Packaging**. Final Report,
Consortium Vrije Universiteit Brussel, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek,
Belgian Packaging Institute, Comissão Europeia, DG XI/A/4, Bruxelas, Bélgica. 1994.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas
arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998. 352 p.

MARKAKIS, P. Stability of anthocyanins in foods. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins
as Food Colors**. New York: Academic Press, 1982. 163 p.

MAROULIS, Z.B.; TSAMI, E.; MARINOS-KOURIS, D. Application of the GAB model
to the moisture sorption isotherms for dried fruits. **Journal of Food Engineering**, London,
v. 7, n. 1, p. 63-78, 1988.

MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L; FOLEGATTI, M. I. da S. Physicochemical
evaluation in fruits from different genotypes of barbados cherry (*Malpighia puniceifolia* L.)
Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 602-606, 2001.

MEDEIROS, M. L.; AYROSA, A. M. I. B.; LANNES, S. C. da S. Comportamento
higroscópico de derivados do cupuaçu e do cacau. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre:
SBCTA, 2002. CD.

MELO, H. C. **Tecnologia de secagem de frutos**. João Pessoa: UFPB, 1994.

MELO, E. de A.; LIMA, V. L. A. G. de; NASCIMENTO, P. P. do. Temperatura no
armazenamento de pitanga. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, p. 629-634, 2000.

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. 1267-1274, 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.

MOREY, V. W. F.; MERONUCK, R. A.; LANG, J. P. Relationship between equilibrium relative humidity and deterioration of shelled corn. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v. 38, n. 4, p. 1139-1145, 1995.

MOURA, R. A.; BANZATO, J. M. **Embalagem: acondicionamento, utilização & containerização**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 1990. v. 2.

MORGAN, A. I.; GRAHAM, R. P.; GINETTE, L. F.; WILLIAMS, G. S. Recent developments in foam-mat drying. **Food Technology**, v. 15. p. 37 –39, 1961.

NASCIMENTO, V. M.; XAVIER, A. A.; CORRÊA, L. S.; VALÉRIO FILHO, W. V. Physical and chemical characteristics of the fruit of native's species on the Brazilian cerrado. **Acta Horticulturae**, v. 370, p. 113-116, 1995.

NASCIMENTO, J. do. **Estudo da Cinética de Secagem de Banana (*Musa acuminata* L.)**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

OLIVEIRA, R. P. S. **Propriedades físicas e de transporte de suco de acerola**. 1997. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

OLIVEIRA, J. A. B.; SANTOS, D. B. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 602-606, 2001.

OLIVEIRA, M. E. B. de; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-química de polpa congelada de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 326-332, 1999.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin-layer.** 1949. Dissertation (M.Sc.) - Purdue University, Indiana, USA, 1949.

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, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2002.

PELEG, M.; BAGLEY, E. B. **Physical properties of foods.** Las Vegas: Avi Publishing Company, 1983. 532 p.

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

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Influência da temperatura nos parâmetros de modelos bi-paramétricos que predizem isotermas de adsorção de umidade do guaraná (*paullinia cupana*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, 1997.

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

PIERGIOVANNI, L. Materiais de embalagem e tecnologias de envase. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. de. **Fundamentos de tecnologia de alimentos.** São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3, cap. 10, p. 219-278.

PONGRÁCZ, E. **The environmental effects of packaging.** Dissertation for the degree of Licentiate in Technology, Tampere University of Technology, Tampere, Finlândia, 1998.

POPOLIM, W. D. **Estimativa da ingestão de sulfitos por escolares pela análise qualitativa da dieta.** 2004. 114 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – PRONUT, Programa Interunidades em Nutrição Humana Aplicada, São Paulo, 2004.

PRADO, M. A.; GODOY, H. T. Determinação de corantes artificiais por cromatografia líquida de alta eficiência (Clae) em pó para gelatina. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p 22-26, 2004.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products.** Central Food Technological Research Institute Mysore. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. 1977. 634 p.

RAO, M. A.; RIZVI, S. S. H. **Engineering properties of foods.** Nova York: Marcel Dekker, 1986. 398 p.

RATTANAPANT, O. Simulation of deepbed drying of particles. In: IDS, 6., 1988, Versailles. **Proceedings...** Versailles, 1988. p. 565-572.

RAUCH, G. H. **Fabricacion de marmeladas.** Zaragoza, 1987.

ROMANO, N. R. **Metodologia de projeto para embalagem.** 1996. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina.

SALGADO, M. S.; GUERRA, N. B.; FILHO, A. B. Polpa de fruta congelada: efeito do processamento sobre o conteúdo de fibra alimentar. **Rev. Nutr.**, v. 12, n. 3, p. 303-308, 1999.

SALVAGNINI, W. **Densidade de líquidos.** (EPUSP-UNIP). 2000. 10 p.

SAMANIEGO-ESGUERRA, C. M.; BOAG, I. F.; ROBERTSON, G. L. Comparasion of regression methods for fitting the Gab model to the moisture isotherms of some dried fruit and vegetables. **Journal of Food Engineering**, London, v. 13, n. 2, p. 115-133, 1991.

SANTOS, A. F. dos. **Fisiologia do crescimento, desenvolvimento e armazenamento pós-colheita de pitangas (*Eugenia uniflora* L.)**. 2001. 128 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SILVA, A. C. B. P. **Suco de abacaxi desidratado: aplicação do processo foam-mat drying**. 1971. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1981.166 p.

SILVA, R. N. G da. **Produção e armazenamento da polpa de umbu-cajá em pó**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

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

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

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

SVS/MS – Secretaria de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. PORTARIA nº. 540.1997.

TORIBIO, J. L.; LOZANO, J. E. Nonenzymatic browning in apple juice concentrate during storage. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 889-892, 1984

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.

ULLHOA, J. A.; RODRIGUEZ, C. I; GUZMAN, G. M. Estudio de deshidratación de jugo de piña por aspersion. **Ingeniería y Tecnología**, v. 2, n. 3, 1990.

UNIFEM. **Manual de Tecnologia do ciclo alimentar: processamento de frutas e legumes**. 1989. 71p.

VAZQUEZ, G.; CHENLO, F.; MOREIRA, R.; CRUZ, G. Grape drying on a pilot plant with a heat pump. **Drying Technology on International Journal**, New York, v. 15, n. 3, p. 899-920, 1997.

WOLF, W. R; SPIESS, W. E. L. Advances in water sorption characteristics, measurement and description. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J. W. **Food preservation by moisture control: fundamentals and applications**. Lancaster, Pennsylvania, U.S.A. 1995.

YANG, T. C. S. Ambient storage. In: TAUB, I. A.; SINGH, R. P. **Engineering Food Storage Stability**. Boca Raton: CRC PRESS, p. 435-458, 1998.

APÊNDICE A

Tabela A.1. Análise de variância dos valores médios da massa da pitanga em pó, na embalagem de polietileno

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,00003	0,00000	0,0017 ns
Resíduo	14	0,03830	0,00274	
Total	20	0,03833		

ns = não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.2. Análise de variância dos valores médios da massa da pitanga em pó, na embalagem de polietileno

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	3,20216	0,00000	65,1358**
Resíduo	14	0,11471	0,00274	
Total	20	3,31687		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.1. Valores experimentais da razão de umidade a temperatura de 50°C

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9726	0,9695	0,9676	0,9699
20	0,9331	0,9210	0,9202	0,9248
30	0,8949	0,8828	0,8699	0,8826
40	0,8554	0,8391	0,8318	0,8421
50	0,8159	0,8018	0,7969	0,8049
60	0,7792	0,7622	0,7518	0,7644
70	0,7462	0,7255	0,7090	0,7269
80	0,7127	0,6905	0,6745	0,6926
90	0,6829	0,6551	0,6378	0,6586
100	0,6499	0,6212	0,6048	0,6253
110	0,6225	0,5862	0,5713	0,5933
120	0,5923	0,5550	0,5364	0,5612
130	0,5653	0,5229	0,5024	0,5302
140	0,5365	0,4903	0,4722	0,4997
150	0,5063	0,4596	0,4396	0,4685
160	0,4821	0,4321	0,4122	0,4421
170	0,4519	0,4009	0,3829	0,4119
180	0,4291	0,3730	0,3517	0,3846
190	0,4035	0,3474	0,3266	0,3592
200	0,3784	0,3204	0,2991	0,3326
210	0,3529	0,2943	0,2735	0,3069
220	0,3282	0,2696	0,2493	0,2824
230	0,3050	0,2449	0,2214	0,2571
240	0,2794	0,2230	0,2042	0,2356
250	0,2589	0,2007	0,1852	0,2149
260	0,2366	0,1769	0,1642	0,1926
270	0,2143	0,1602	0,1451	0,1732
280	0,1934	0,1411	0,1279	0,1541
290	0,1790	0,1234	0,1135	0,1386
300	0,1599	0,1071	0,0991	0,1220
310	0,1418	0,0917	0,0851	0,1062
320	0,1241	0,0768	0,0726	0,0912
330	0,1074	0,0643	0,0619	0,0778
340	0,0911	0,0526	0,0526	0,0654
350	0,0767	0,0424	0,0428	0,0540
360	0,0642	0,0345	0,0340	0,0442
370	0,0539	0,0261	0,0279	0,0360
380	0,0428	0,0168	0,0228	0,0274
390	0,0353	0,0116	0,0172	0,0214
400	0,0270	0,0098	0,0130	0,0166
410	0,0209	0,0065	0,0093	0,0122
420	0,0181	0,0051	0,0084	0,0105
430	0,0107	0,0042	0,0056	0,0068
440	0,0074	0,0033	0,0028	0,0045
450	0,0051	0,0023	0,0019	0,0031
460	0,0037	0,0009	0,0009	0,0019
470	0,0019	0,0000	0,0005	0,0008
480	0,0014	0,0000	0,0000	0,0005
490	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela B.2. Valores experimentais da razão de umidade a temperatura de 60°C

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9524	0,9457	0,9570	0,9517
20	0,8969	0,8886	0,9103	0,8986
30	0,8539	0,8316	0,8543	0,8466
40	0,8117	0,7963	0,8025	0,8035
50	0,7626	0,7452	0,7549	0,7543
60	0,7103	0,6993	0,7031	0,7042
70	0,6640	0,6575	0,6485	0,6567
80	0,6172	0,6125	0,6073	0,6124
90	0,5760	0,5698	0,5560	0,5673
100	0,5320	0,5285	0,5120	0,5242
110	0,5320	0,4896	0,4602	0,4939
120	0,4950	0,4464	0,4209	0,4541
130	0,4533	0,4139	0,3802	0,4158
140	0,4167	0,3740	0,3372	0,3760
150	0,3829	0,3346	0,2974	0,3383
160	0,3477	0,2984	0,2549	0,3003
170	0,3093	0,2664	0,2165	0,2641
180	0,2774	0,2306	0,1859	0,2313
190	0,2380	0,1633	0,1517	0,1844
200	0,2121	0,1698	0,1217	0,1679
210	0,1815	0,1443	0,0939	0,1399
220	0,1523	0,1188	0,0708	0,1140
230	0,1236	0,0937	0,0500	0,0891
240	0,0801	0,0724	0,0352	0,0626
250	0,0630	0,0538	0,0231	0,0466
260	0,0468	0,0381	0,0190	0,0346
270	0,0320	0,0265	0,0083	0,0222
280	0,0227	0,0181	0,0046	0,0151
290	0,0139	0,0130	0,0032	0,0100
300	0,0032	0,0060	0,0028	0,0040
310	0,0028	0,0032	0,0019	0,0026
320	0,0009	0,0005	0,0014	0,0009
330	0,0014	0,0009	0,0009	0,0011
340	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela B.3. Valores experimentais da razão de umidade a temperatura de 70°C

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9475	0,9357	0,9502	0,9445
20	0,8631	0,8607	0,8770	0,8669
30	0,8170	0,7870	0,8042	0,8028
40	0,7465	0,7341	0,7430	0,7412
50	0,6768	0,6655	0,6842	0,6755
60	0,6058	0,5997	0,6072	0,6043
70	0,5528	0,5514	0,5400	0,5481
80	0,4906	0,4971	0,4899	0,4925
90	0,4302	0,4294	0,4292	0,4296
100	0,4154	0,3788	0,3602	0,3848
110	0,3121	0,3277	0,3101	0,3166
120	0,2637	0,2803	0,2619	0,2686
130	0,2116	0,2384	0,2039	0,2180
140	0,1655	0,1938	0,1585	0,1726
150	0,1277	0,1569	0,1242	0,1363
160	0,0931	0,1270	0,0895	0,1032
170	0,0678	0,0925	0,0547	0,0717
180	0,0415	0,0626	0,0338	0,0460
190	0,0281	0,0446	0,0209	0,0312
200	0,0161	0,0258	0,0097	0,0172
210	0,0092	0,0156	0,0023	0,0091
220	0,0041	0,0046	0,0019	0,0035
230	0,0028	0,0014	0,0009	0,0017
240	0,0005	0,0005	0,0009	0,0006
250	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

APÊNDICE C

Tabela C.1. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de GAB a 10°C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2338	21,3400	22,2928	-0,9528	-0,0427
0,3347	26,0400	28,1265	-2,0865	-0,0742
0,4314	38,6600	33,9115	4,7485	0,1400
0,5736	44,5200	44,1780	0,3420	0,0077
0,6215	47,4700	48,4834	-1,0134	-0,0209
0,7567	64,4800	64,8746	-0,3946	-0,0061
0,8206	73,9400	76,2346	-2,2946	-0,0301
0,8677	88,9200	87,1595	1,7605	0,0202

Tabela C.2. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de GAB a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2311	21,32	20,4190	0,9010	0,0441
0,3307	24,72	23,0090	1,7110	0,0744
0,4316	26,69	26,4014	0,2886	0,0109
0,5380	30,88	31,2619	-0,3819	-0,0122
0,6021	32,81	35,1617	-2,3517	-0,0669
0,7547	51,63	50,0149	1,6151	0,0323
0,8134	57,21	59,7187	-2,5087	-0,0420
0,8511	69,66	68,2194	1,4406	0,0211

Tabela C.3. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de GAB a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2161	23,76	21,7112	2,0488	0,0944
0,3244	26,41	26,6033	-0,1933	-0,0073
0,4317	30,89	31,3084	-0,4184	-0,0134
0,5140	32,89	35,2296	-2,3396	-0,0664
0,5603	34,84	37,6548	-2,8148	-0,0748
0,7509	47,75	50,5554	-2,8054	-0,0555
0,8063	59,53	55,6958	3,8342	0,0688
0,8362	63,51	58,8670	4,6430	0,0789
0,9708	76,07	78,4024	-2,3324	-0,0297

Tabela C.4. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de GAB a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2040	23,43	20,0403	3,3897	0,1691
0,3600	24,94	27,9745	-3,0345	-0,1085
0,4320	30,89	31,4872	-0,5972	-0,0190
0,4842	33,05	34,1401	-1,0901	-0,0319
0,5317	35,21	36,6910	-1,4810	-0,0404
0,7468	48,34	51,3411	-3,0011	-0,0585
0,7991	59,72	56,1693	3,5507	0,0632
0,8232	63,04	58,6502	4,3898	0,0748
0,9589	74,77	77,0478	-2,2778	-0,0296

Tabela C.5. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Peleg a 10°C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2338	21,34	21,0365	0,3035	0,0144
0,3347	26,04	28,4603	-2,4203	-0,0850
0,4314	38,66	35,2647	3,3953	0,0963
0,5736	44,52	45,2027	-0,6827	-0,0151
0,6215	47,47	48,8291	-1,3591	-0,0278
0,7567	64,48	62,9887	1,4913	0,0237
0,8206	73,94	74,9833	-1,0433	-0,0139
0,8677	88,92	88,6461	0,2739	0,0031

Tabela C.6. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Peleg a 20°C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2311	21,32	21,5993	-0,2793	-0,0129
0,3307	24,72	24,1878	0,5322	0,0220
0,4316	26,69	26,7955	-0,1055	-0,0039
0,538	30,88	30,5349	0,3451	0,0113
0,6021	32,81	33,9401	-1,1301	-0,0333
0,7547	51,63	49,3875	2,2425	0,0454
0,8134	57,21	59,8849	-2,6750	-0,0447
0,8511	69,66	68,5923	1,0677	0,0156

Tabela C.7. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Peleg a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2161	23,76	24,2050	-0,4450	-0,0184
0,3244	26,41	25,8338	0,5762	0,0223
0,4317	30,89	29,3989	1,4911	0,0507
0,5140	32,89	33,4258	-0,5358	-0,0160
0,5603	34,84	36,1920	-1,3520	-0,0374
0,7509	47,75	51,5050	-3,7550	-0,0729
0,8063	59,53	57,1803	2,3497	0,0411
0,8362	63,51	60,4795	3,0305	0,0501
0,9708	76,07	77,4305	-1,3605	-0,0176

Tabela C.8. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Peleg a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2040	23,43	23,3203	0,1097	0,0047
0,3600	24,94	26,2686	-1,3286	-0,0506
0,4320	30,89	29,4815	1,4085	0,0478
0,4842	33,05	32,3654	0,6846	0,0212
0,5317	35,21	35,3563	-0,1463	-0,0041
0,7468	48,34	52,7852	-4,4452	-0,0842
0,7991	59,72	57,9064	1,8136	0,0313
0,8232	63,04	60,3758	2,6642	0,0441
0,9589	74,77	75,5299	-0,7599	-0,0101

Tabela C.9. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Oswin a 10°C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2338	21,34	22,9721	-1,6321	-0,0710
0,3347	26,04	28,6166	-2,5766	-0,0900
0,4314	38,66	34,2790	4,3810	0,1278
0,5736	44,52	44,0884	0,4316	0,0098
0,6215	47,47	48,1252	-0,6552	-0,0136
0,7567	64,48	63,7199	0,7601	0,0119
0,8206	73,94	75,4905	-1,5505	-0,0205
0,8677	88,92	88,4432	0,4768	0,0054

Tabela C.10. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Oswin a 20°C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2311	21,32	17,8096	3,5104	0,1971
0,3307	24,72	22,2719	2,4481	0,1099
0,4316	26,69	27,0206	-0,3306	-0,0122
0,5380	30,88	32,7512	-1,8712	-0,0571
0,6021	32,81	36,8463	-4,0363	-0,1095
0,7547	51,63	50,7005	0,9295	0,0183
0,8134	57,21	59,3025	-2,0925	-0,0353
0,8511	69,66	66,9901	2,6699	0,0399

Tabela C.11. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Oswin a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2161	23,76	26,6178	-2,8578	-0,1074
0,3244	26,41	30,3338	-3,9238	-0,1294
0,4317	30,89	33,7941	-2,9041	-0,0859
0,514	32,89	36,5331	-3,6431	-0,0997
0,5603	34,84	38,1722	-3,3322	-0,0873
0,7509	47,75	46,7530	0,9970	0,0213
0,8063	59,53	50,4448	9,0852	0,1801
0,8362	63,51	52,9284	10,5816	0,1999
0,9708	76,07	82,2856	-6,2156	-0,0755

Tabela C.12. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de pitanga em pó, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de GAB a 40°C

a_w	Umidade de equilíbrio (%b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2040	23,43	25,2591	-1,8291	-0,0724
0,3600	24,94	30,9522	-6,0122	-0,1942
0,4320	30,89	33,463	-2,5730	-0,0769
0,4842	33,05	35,3345	-2,2845	-0,0647
0,5317	35,21	37,1155	-1,9055	-0,0513
0,7468	48,34	47,5065	0,8335	0,0175
0,7991	59,72	51,3256	8,3944	0,1636
0,8232	63,04	53,4589	9,5811	0,1792
0,9589	74,77	81,0935	-6,3235	-0,0780

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](#)