



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



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

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DO LEITE DE CABRA
COM POLPA DE UMBU-CAJÁ**

CIBELE MEDEIROS DE CARVALHO

Campina Grande, Paraíba

Agosto, 2008

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DO LEITE DE CABRA
COM POLPA DE UMBU-CAJÁ**

CIBELE MEDEIROS DE CARVALHO

**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: Processamento e Armazenamento de Produtos
Agrícolas**

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

Campina Grande, Paraíba

AGOSTO, 2008

DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C331s

2008 Carvalho, Cibele Medeiros de.

Secagem e armazenamento do leite de cabra com polpa de umbu-cajá / Cibele Medeiros de Carvalho. – Campina Grande, 2008.

112f. : il. Color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof. Dr. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz.

1. Secagem. 2. Armazenamento. 3. Leite de Cabra. 4. Polpa de Umbu-Cajá. I. Título.

CDU – 634.563/.564(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

CIBELE MEDEIROS DE CARVALHO

SECAGEM E ARMAZENAMENTO DO LEITE DE CABRA COM POLPA DE UMBU-
CAJÁ

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Rossana M. F. de Figueiredo
Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueiredo - Orientadora

Aprovada

Alexandre J. Melo
Dr. Alexandre José de Melo Queiroz - Orientador

APROVADA

Robson Rogério Pessoa Coelho
Dr. Robson Rogério Pessoa Coelho - Examinador

APROVADO

Renato Fonseca Aragão
Dr. Renato Fonseca Aragão - Examinador

Aprovado

AGOSTO DE 2008

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a Deus, autor da minha vida e o único digno de louvor e adoração; a minha maravilhosa família e aos meus orientadores Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo e Alexandre José de Melo Queiroz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por Sua misericórdia, fidelidade e pelo cuidado na minha vida, não deixando ninguém me fazer nenhum dano.

Agradeço a meus pais, Maria das Neves Medeiros Carvalho e Urbano Medeiros de Carvalho, pelo amor, apoio, orientação e esforço, ao longo desta caminhada.

Agradeço aos meus irmãos, Luana Medeiros, Urbano Medeiros e Luciano Medeiros, pela paciência e auxílio, sempre que possível.

Agradeço à Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de ingressar no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na área de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas.

Agradeço à Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em particular a Josivanda Palmeira Gomes.

Agradeço aos orientadores Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo e Alexandre José de Melo Queiroz, pela dedicação e esforço na elaboração desta dissertação.

Agradeço de modo especial a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, pela postura profissional, pelos conselhos, pelas palavras de otimismo, pela amizade e carinho de uma segunda mãe, conquistando todo o meu respeito e admiração.

Agradeço aos Professores do Departamento de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Centro de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Agradeço ao CNPQ, que me concedeu a bolsa de estudos.

Agradeço à querida e valiosa amiga, Vilna do Ó, que nunca desistiu de minha amizade e sempre acreditou na pessoa que sou.

*A*gradeço aos amigos *Wolia Gomes, João Carlos Mesquita e Tatiana da Silva*, que estiveram ao meu lado apoiando e encorajando a seguir sempre adiante.

*A*gradeço às amigas de curso, *Karen Márcia, Tereza Bárbara e Márcia Gondim*.

*A*gradeço aos *Funcionários* do LAPPA, pela amizade e companheirismo, em especial à funcionária *Luciene*, pela amizade e apoio.

A Missionária amiga *Marinalva*, e aos que fazem parte do *Tele Vida*, pelas orações, conselhos e palavras de sabedoria.

MENSAGEM

Render a ti a adoração, e derramar meus se-
É o que meu coração deseja toda manhã;
Te imaginar, é me inspirar, pra te dizer;
Estou apaixonado cada vez mais por ti;
Senhor tu és incomparável, teu nome é maravilhoso;
Leva-me além, leva-me além;
A um nível mais profundo de intimidade contigo senhor;
Leva-me além, leva-me além;
E a minha vida flua mais da tua unção, mais do teu poder.
(Ministério Toque no Altar)

Sei que os teus olhos sempre atentos permanecem em mim;
E os teus ouvidos estão sensíveis para ouvir o meu clamor;
Posso até chorar, mas a alegria vem pela manhã;
É deus de perto e não de longe;
Nunca mudaste, tu és fiel;
Deus de aliança, Deus de promessas;
Deus que não é homem pra mentir;
Tudo pode passar tudo pode mudar;
Mas tua palavra vai se cumprir.
(Ministério Toque no Altar)

Dizem que eu não sou capaz;
Dizem que eu não vou vencer;
Não é na minha força, mas sim em nome do meu Deus;
O poder da unção está sobre mim;
Me adentra das batalhas;
Não importa o que pensam de mim;
Vou deixar para trás minhas limitações;
Pois o Senhor não vê como o homem vê;
Ele está atento ao coração;
Ele exalta o puro de coração;
Se revela aos que buscam sua face;
Fui atraído pelo poder desse amor;
Tudo posso com o meu Deus;
(Ministério Nova Iguaçu)

Eu não preciso ser reconhecido por ninguém;
A minha glória é fazer com que conheçam a ti;
E que diminua eu, pra que tu cresças Senhor, mais e mais;
E como os serafins que cobrem o rosto ante a ti;
Esconde o rosto pra que veja tua face em mim;
E que diminua eu pra que tu cresças senhor, mais e mais;
Nos santos dos santos, a fumaça me esconde e só teus olhos me vêem;
Debaixo de tuas asas, é o meu abrigo, meu lugar secreto;
Só tua graça me basta e tua presença é meu prazer;
(Ministério Nova Iguaçu)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 - Objetivo geral	3
1.1.1 - Objetivos específicos	3
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 - Leite	5
2.1.1 - Leite de cabra	6
2.2 - Umbu-cajá	8
2.3 - Secagem	10
2.3.1 - Secagem por aspersão	11
2.4 - Aditivos	13
2.5 - Armazenamento e embalagens	15
2.6 - Atividades de água	17
3 - MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 - Matérias-primas	21
3.2 - Caracterização físico-química do leite de cabra	21
3.2.1 - Densidade	21
3.2.2 - Extrato seco total	21
3.2.3 - pH	22
3.2.4 - Sólidos solúveis totais (°Brix)	22
3.2.5 - Lipídeos	22
3.2.6 - Sólidos não gordurosos	22
3.2.7 - Cinzas	22
3.2.8 - Acidez total titulável	23
3.3. - Processamento da polpa de umbu-cajá	23

3.3.1 - Recepção	23
3.3.2 - Seleção	24
3.3.3 - Pré-lavagem	24
3.3.4 - Desinfecção	24
3.3.5 - Despulpamento	24
3.3.6 - Refino	24
3.3.7 - Embalagem	24
3.3.8 - Congelamento e armazenamento	25
3.4 - Caracterização físico-química da polpa de umbu-cajá	25
3.4.1 - Umidade	25
3.4.2 - pH	25
3.4.3 - Sólidos solúveis totais (°Brix)	25
3.4.4 - Cinzas	25
3.4.5 - Ácido ascórbico	26
3.4.6 - Acidez total titulável	26
3.4.7 - Açúcares redutores	26
3.4.8 - Densidade	26
3.5 - Preparo das emulsões	26
3.5.1 - Caracterização das emulsões	27
3.6 - Secagem das emulsões	27
3.7 - Caracterização das amostras em pó	28
3.8 - Armazenamento	28
3.9 - Análise estatística	29
3.10 - Isotermas de adsorção de umidade	29
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 - Caracterização do leite de cabra	32
4.2 - Caracterização da polpa de umbu-cajá	33
4.3 - Caracterização das emulsões	35
4.4 - Caracterização das amostras em pó (formulações)	40
4.5 - Armazenamento das formulações em pó	46
4.5.1 - Umidade	47
4.5.2 - Ácido ascórbico	50
4.5.3 - pH	52

4.5.4 - Acidez total titulável	55
4.5.5 - Açúcares redutores	58
4.5.6 - Cinzas	60
4.5.7 - Cor	62
4.5.7.1 - Luminosidade (L*)	62
4.5.7.2 - Intensidade de vermelho (+a*)	64
4.5.7.3 - Intensidade de amarelo (+b*)	67
4.6 - Isotermas de adsorção de umidade	69
5 - CONCLUSÕES	75
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
APÊNDICE A	94
APÊNDICE B	98
APÊNDICE C	102
APÊNDICE D	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Produção de leite de cabra no Brasil e nos Estados da região Nordeste, em 2006	6
Tabela 2.2 -	Características físico-químicas do leite de cabra	8
Tabela 2.3 -	Parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de umbu-cajá, determinados por alguns pesquisadores	9
Tabela 2.4 -	Modelos matemáticos de ajuste de isotermas de sorção	19
Tabela 3.1 -	Atividade de água de soluções saturadas de sais a várias temperaturas	29
Tabela 4.1 -	Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos do leite de cabra pasteurizado, padronizado e congelado	32
Tabela 4.2 -	Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de umbu-cajá seguidos dos desvios padrão	34
Tabela 4.3 -	Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos e físico-químicos das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina ..	36
Tabela 4.4 -	Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina em diferentes concentrações (5, 10% e 15%) coletadas na câmara de secagem e no ciclone	41
Tabela 4.5 -	Valores médios de umidade da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	47
Tabela 4.6 -	Valores médios de umidade da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	50
Tabela 4.7 -	Valores médios de ácido ascórbico da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	51
Tabela 4.8 -	Valores médios de ácido ascórbico da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	52

Tabela 4.9 -	Valores médios de pH da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	53
Tabela 4.10 -	Valores médios de pH da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	54
Tabela 4.11 -	Valores médios da acidez total titulável da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	56
Tabela 4.12 -	Valores médios da acidez total titulável da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	57
Tabela 4.13 -	Valores médios dos açúcares redutores da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	58
Tabela 4.14 -	Valores médios dos açúcares redutores da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone durante o armazenamento	59
Tabela 4.15 -	Valores médios das cinzas da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	60
Tabela 4.16 -	Valores médios das cinzas da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	61
Tabela 4.17 -	Valores médios da luminosidade da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	63
Tabela 4.18 -	Valores médios da luminosidade da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	64
Tabela 4.19 -	Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	65

Tabela 4.20 - Valores médios da intensidade de vermelho da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	66
Tabela 4.21 - Valores médios de intensidade de amarelo da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	67
Tabela 4.22 - Valores médios de intensidade de amarelo (+b*) da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento	68
Tabela 4.23 - Valores experimentais da umidade de equilíbrio (X_e) a 20 °C da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone	70
Tabela 4.24 - Parâmetros dos modelos de Oswin, GAB e Peleg ajustados às isotermas de adsorção de água a 20 °C das formulações em pó com 15% de maltodextrina coletadas na câmara do secador e no ciclone	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 -	Fluxograma para obtenção da polpa de umbu-cajá	23
Figura 3.2 -	Secador por aspersão (Fonte: Labmaq do Brasil)	27
Figura 4.1 -	Isotermas de adsorção de umidade a 20 °C da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem, com ajuste pelos modelos de GAB, Oswin e Peleg	73
Figura 4.2 -	Isotermas de adsorção de umidade a 20 °C da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada no ciclone, com ajuste pelos modelos de GAB, Oswin e Peleg	74



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



Dissertação de Mestrado: **Secagem e armazenamento do leite de cabra com polpa de umbu-cajá**

Autora: **Cibele Medeiros de Carvalho**

Orientadores: **Prof. Dr. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

RESUMO

A desidratação se configura como excelente método de conservação de alimentos devido à estabilidade e maior vida útil que pode proporcionar. Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de se produzir um produto em pó a partir da secagem por aspersão de uma mistura de leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina. Foi feita a caracterização físico-química do leite de cabra, da polpa de umbu-cajá e de três emulsões elaboradas com esses dois produtos (1:1) e maltodextrina, nas concentrações de 5, 10 e 15%. Os três tipos de emulsão foram secados no secador por aspersão e as amostras em pó coletadas separadamente na câmara de secagem e no ciclone, foram caracterizadas físico-quimicamente; em seguida realizou-se o estudo do armazenamento, durante 90 dias, das amostras em pó produzidas com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina em duas concentrações (10 e 15%), coletadas na câmara de secagem e no ciclone e acondicionadas em embalagens laminadas flexíveis, avaliando-se periodicamente umidade, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores, pH, cinzas e cor (luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo). As amostras armazenadas apresentaram, ao longo do armazenamento, redução na umidade, na acidez total titulável e na intensidade de vermelho houve concentração no teor de ácido ascórbico, nos açúcares redutores e no teor de cinzas além de aumento na luminosidade e intensidade de amarelo. A combinação de leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina nas concentrações de 10 e 15%, mostrou-se adequada para a obtenção de um produto alimentício em pó através do uso de um secador por aspersão, com aparência e aroma diferentes do leite de cabra e apropriado para armazenamento em temperatura ambiente. Foram determinadas as isotermas de adsorção de umidade a 20 °C, da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone e os modelos de Oswin, GAB e Peleg ajustados às isotermas; a partir desses resultados as isotermas foram classificadas como do tipo II, com forma sigmoidal enquanto o modelo de Peleg, como o que melhor se ajustou às curvas experimentais.

Palavras-chave: *Spondias spp*, secagem por aspersão, maltodextrina, embalagem laminada, isotermas de adsorção



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



M.Sc. Thesis: **Spray drying and storage of goat milk with *umbu-cajá* pulp**

Author: **Cibele Medeiros de Carvalho**

Supervisors: **Prof. Dr. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

ABSTRACT

Drying is an excellent conservation method for food, due to the stability and larger duty cycle that it can provide. This work aimed at creating a powder produced from the spray drying of a mixture of goat milk, *umbu-cajá* pulp and maltodextrin. The physiochemical characterization of the goat milk, the *umbu-cajá* pulp and three emulsions elaborated with the two products mentioned (1:1) and maltodextrin in the concentrations of 5, 10 and 15% was prepared. The three types of emulsions were dried in the spray dryer and the powder samples, collected separately in the drying chamber and in the cyclone, were characterized physical-chemically. Next, the storage study of the powder samples produced with goat milk, *umbu-cajá* pulp and maltodextrin in two concentrations (10 and 15%) was carried out for 90 days. The powder samples were produced and collected in the drying chamber and in the cyclone; and then conditioned in flexible packages, having their moisture content, ascorbic acid, titratable acidity, reducer sugars, pH, ash and color (brightness, redness and yellowness) evaluated periodically. During the storage the samples presented decreases in the moisture content, titratable acidity and redness and increases in the ascorbic acid content, reducing sugars, ash, brightness and yellowness. The combination of goat milk, *umbu-cajá* pulp and maltodextrin in the concentrations of 10 and 15% was considered as appropriate to obtain a nutritional powder product, by the use of a spray dryer, originating a product with appearance and flavor different from the goat milk and appropriate for storage in room temperature. The moisture adsorption isotherms were determined at 20°C of the formulation in powder produced with 15% of maltodextrin collected in the drying chamber and in the cyclone, and the Oswin, GAB and Peleg models fitted to the isotherms. The findings promoted the classification of the isotherms as type II, with sigmoid form and the Peleg model was the one that best fit to the experimental curves.

Keywords: *Spondias* spp, spray drying, maltodextrina, laminated package, moisture adsorption isotherms

1 - INTRODUÇÃO

De acordo com BRASIL (2004), o rebanho efetivo nacional de caprinos era, em 2004, de 10.046.888 cabeças, distribuído nas cinco regiões brasileiras das quais 92,9% se concentram na região Nordeste, enquanto 7,1% estão dispostos nas regiões Sudeste, Sul, Norte e Centro Oeste, correspondendo a 2,36%, 2,18%, 1,47% e 1,09% do rebanho, respectivamente. A região Nordeste detém quase a totalidade de toda a criação de caprinos do Brasil, com uma produção de 9.331.460 cabeças, criados principalmente nas zonas semiáridas. Em termos de tamanho populacional, a Paraíba é o quinto estado nordestino, com cerca de 680.742 cabeças, o equivalente a 7,3% do rebanho caprino desta região.

Na região Nordeste a caprinocultura leiteira se vem desenvolvendo e mostrando uma atividade promissora no cenário brasileiro, superando o constante desafio de conquistar e manter novos mercados para o leite de cabra e seus derivados. Isto se deve às características nutricionais e à sua excelente digestibilidade, resultando em alimentos de excepcional valor biológico (PRATA et al., 1998).

Aproximadamente 19,40% do efetivo mundial de caprinos são de animais voltados para a produção de leite. No Brasil, 50,62% do rebanho caprino são considerados como sendo de produção de leite, representando 3,09% do rebanho leiteiro mundial (WANDER & MARTINS, 2004).

Conforme o IBGE (2007) a produção nacional de leite de cabra foi, em 2006 de aproximadamente 21.275.000 litros por ano, sendo a região Nordeste a maior produtora, responsável por 14.201.000 litros/ano, correspondendo a 66,7% da produção nacional. A Paraíba, por sua vez é o estado com a maior produção nacional e regional, produzindo 3.995.000 L/ano, representando 28,1% da produção do Nordeste.

Segundo LISERRE et al. (2007), a importância do leite de cabra na alimentação não reside apenas no valor biológico de seus nutrientes mas, também, em suas características de hipoalergenicidade, razão pela qual seu consumo assume importância nos processos alérgicos de origem alimentar, particularmente naqueles relacionados às proteínas do leite de vaca.

De acordo com QUADROS (2008), o leite de cabra é constituído de 0,70-0,85% de sais minerais, quantidade semelhante à do leite de vaca, que possui teores superiores aos do leite de vaca, em termos de cálcio, fósforo, potássio e magnésio, tal como do leite materno com relação ao conteúdo de fósforo, sódio e potássio. Existe certa variação nos teores de vitaminas entre os diversos tipos de leite, em que o leite de cabra apresenta teores mais

elevados de vitaminas A, colina, tiamina, riboflavina, ácido nicotínico e biotina, em relação ao leite materno, porém com teores inferiores em vitaminas B6, B12, C e K, ácido fólico e piridoxinas.

Em geral, o leite de cabra é comercializado na forma de leite integral, leite congelado, leite em pó, iogurte, queijos, ricota, doces e sorvetes. O mercado desses produtos corresponde a 93% para o leite líquido, 4% de leite em pó e 3% para seus derivados, como queijos, doces e iogurtes (COSTA, 2004).

No entanto, o leite de cabra apresenta características peculiares quanto ao sabor e odor devido ao alto teor de ácidos graxos de cadeia curta, como o ácido cáprico, caprílico e capríco, quando comparado com o leite de vaca (DINIZ et al., 2005), o que dificulta sua comercialização *in natura* e provoca rejeição por parte dos consumidores.

A duração do período de estocagem do leite de cabra é função da sua qualidade microbiológica e físico-química intrínseca, avaliada no momento da sua recepção na indústria ou estabelecimento para onde for destinado (BRASIL, 2000).

Segundo CURI (2002), o congelamento do leite pode trazer alterações no sistema coloidal. A maioria das alterações se deve à instabilidade físico-química do leite que, quando congelado, pode apresentar separação de gordura e coagulação protéica. O mesmo autor verificou que o congelamento do leite a -18 °C por 90 dias não alterou significativamente suas características químicas e microbiológicas.

Desta forma, se buscam procedimentos e tecnologias que minimizem ou eliminem tais problemas; uma das alternativas seria a obtenção de um novo produto que mascare o odor e o sabor característico do leite de cabra e, ao mesmo tempo, proporcione vida útil mais longa.

Uma possível solução para este problema seria secar o leite de cabra com a adição de um material com sabor que se sobreponha ao do leite, ao mesmo tempo em que este tipo de processo proporciona maior vida útil; desta forma, uma escolha interessante recairia sobre a polpa de frutas, tanto por seus odores marcantes como por serem fontes naturais de vitaminas e minerais, que enriqueceriam a mistura.

Dos frutos nativos da região Nordeste se destaca o umbu-cajá (*Spondias* spp.), o qual pertence à família anacardiaceae e ao gênero *Spondias*, considerado um híbrido natural entre o umbu e o cajá. Esses frutos possuem excelente sabor, aroma, boa aparência, é fonte de vitamina C e de considerável qualidade nutritiva.

Ressalta-se, dentre as técnicas de secagem utilizadas para a produção de leite em pó, a secagem por aspersão que tem, por princípio, a pulverização de um produto líquido

em forma de pequenas gotículas, as quais são lançadas em uma câmara fechada que entra em contato com uma corrente de ar aquecido e supre o calor necessário para a evaporação da água havendo, assim, formação de partículas secas (AZEREDO et al., 2004). Este processo geralmente preserva a qualidade e garante boa estabilidade dos produtos obtidos.

Durante o armazenamento a integridade nutricional e a qualidade sensorial dos alimentos são alteradas devidas principalmente a reações de oxidação e enzimáticas causadas pelas enzimas do próprio alimento. Desta forma, a vida de prateleira dos produtos alimentícios é um fator muito importante e depende, entre outros, do tipo de proteção oferecida pela embalagem.

Diversos tipos de embalagens são utilizados com o objetivo de impedir a deterioração e preservar o valor nutricional dos alimentos, em que se destacam as embalagens flexíveis de polietileno, polipropileno e cloreto de polivinila, entre outros materiais, e as embalagens flexíveis laminadas, que consistem em embalagens compostas de vários materiais em que são sobrepostos filmes plásticos, de alumínio e de papel.

Tendo em vista a disponibilidade do leite de cabra e do umbu-cajá no Nordeste brasileiro, teve-se a idéia de se combinar essas duas matérias-primas visando à obtenção de um novo produto desidratado, buscando-se maior estabilidade e vida útil.

1.1 - Objetivo geral

Produzir formulações em pó desidratadas em secador por aspensão a partir da mistura de leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina e avaliar sua estabilidade durante o armazenamento.

1.1.1 - Objetivos específicos

- Caracterizar, físico-quimicamente, o leite de cabra e a polpa de umbu-cajá.
- Preparar e caracterizar as emulsões elaboradas a partir da mistura de partes iguais de leite de cabra e da polpa de umbu-cajá (1:1) e adicionadas de maltodextrina, nas concentrações de 5, 10 e 15%.
- Secar as emulsões em secador por aspensão e caracterizar as amostras em pó (formulações) produzidas.

- Avaliar a estabilidade das amostras em pó durante 60 dias de armazenamento para as amostras elaboradas com 10% de maltodextrina, e durante 90 dias para as amostras elaboradas com 15% de maltodextrina, acondicionadas em embalagem flexível laminada em condições ambientais do laboratório.

- Determinar as isotermas de adsorção de umidade a 20 °C, da amostra em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Leite

O leite é considerado uma importante e completa fonte de nutrientes para os seres humanos, em virtude de apresentar diversos componentes, como proteínas, vitaminas e sais minerais; é, também, um alimento extremamente perecível, podendo sofrer alterações nas suas características físico-químicas e microbiológicas, tornando-se inadequado para o consumo (PONTES NETTO et al., 2005).

A função do leite na natureza é nutrir e fornecer proteção imunológica para os mamíferos, na primeira fase de vida. Desde épocas remotas o leite de origem humana, de cabra, búfala, ovelha ou vaca, tem sido utilizado como alimento para o ser humano. O leite de vaca, no entanto, é o mais consumido e processado em todo o mundo (ABREU, 2005).

O leite é um alimento de extremo valor na dieta humana; no entanto, apresenta uma diversidade de micro-organismos que o contaminam. A atividade de alguns micro-organismos presente no leite é benéfica ao homem visto que participam na preparação de diversos derivados lácteos, consumidos pelo ser humano. Por outro lado, a atividade microbiana incontrolada é prejudicial, alterando as características físicas, químicas e sensoriais do leite, tornando o consumo inadequado. Outro fator significativo é a presença de micro-organismos patogênicos que causam problemas à saúde humana (PEREDA et al., 2005).

É oportuno ressaltar que os tratamentos dispensados ao leite, após a ordenha não podem melhorar sua qualidade, pois eles têm o objetivo apenas de manter esta qualidade; por outro lado, caso não se tome alguns cuidados, a tendência é uma perda considerável e constante da qualidade do leite (ABREU, 2005).

Algumas técnicas podem ser realizadas para adquirir a estabilidade microbiana, como os tratamentos térmicos, esterilização, evaporação, redução de atividade de água e desidratação, entre outras. Segundo PEREDA et al. (2005), empregam-se dois métodos de desidratação, o procedimento de Just-Hatmaker ou o método dos cilindros, e o sistema de nebulização ou atomização. Na desidratação por nebulização, apesar de se empregar o ar de secagem com temperatura geralmente entre 150 e 160 °C, o leite quase não sofre dano térmico, haja vista a evaporação d'água ser rápida e requerer energia em forma de calor latente de evaporação, para mudar de estado.

2.1.1 - Leite de cabra

Leite de cabra é o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de animais da espécie caprina sadios, bem alimentados e descansados (BRASIL, 2000).

Em alguns países a caprinocultura leiteira apresenta uma organização melhor, com técnicas e processos aplicados à matéria-prima, promovendo sua exploração econômica através do melhoramento animal; os consumidores ampliaram sua aceitação principalmente em relação às crianças e idosos, em virtude das características nutricionais próprias e hipoalergenicidade dos produtos lácteos de origem caprina. Desta forma, conclui-se haver um mercado crescente para o consumo de derivados de leite caprino com elevado valor agregado (COSTA et al., 2007).

No Brasil, o desenvolvimento crescente da caprinocultura tem, nos últimos anos, exigido maior acompanhamento pelos técnicos responsáveis pelo melhoramento dos rebanhos (BREDA et al., 2006).

A produção de leite é influenciada por vários fatores, tais como: época e ano de parição, raça, ordem de parto, duração da lactação, número de ordenhas, clima e manejo.

Na Tabela 2.1 se encontra a produção de leite de cabra no Brasil e nos Estados do Nordeste, segundo o Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2007).

Tabela 2.1 - Produção de leite de cabra no Brasil e nos Estados da região Nordeste, em 2006

Local	Quantidade (mil litros)
Maranhão	46
Piauí	962
Ceará	1.111
Rio Grande do Norte	2.287
Paraíba	3.995
Pernambuco	2.022
Alagoas	374
Sergipe	151
Bahia	3.254
Brasil	21.275

Fonte: IBGE (2007)

Segundo dados da FAO (2006) a produção de leite de cabra no mundo foi, em 2003, de 11.987.161 toneladas.

As principais raças caprinas leiteiras do mundo são as Alpinas (Saanen, Parda Alpina, Alpina Americana, Oberhasli, Toggenbourg e outras) e a Anglo-Nubiana. No Brasil a produção de leite de cabra é proveniente sobretudo das raças Saanen, Parda Alpina, Alpina Britânica, Alpina Americana, Toggenbourg e Murciana ou mesmo Anglo-Nubiana (RIBEIRO, 1998).

De acordo com SANTOS et al. (2005), caprinos de raças exóticas têm sido importados para o semiárido nordestino; na Paraíba, importaram-se, sobremancira, caprinos das raças Anglo-Nubiana e Boer. Raças mais produtivas são vistas como alternativa viável para solucionar a baixa produtividade dos rebanhos caprinos nativos do semiárido do Nordeste, como a raça Moxotó.

O grupo genético tricross/CNPC, oriundo de sucessivos cruzamentos de três raças caprinas (Anglo Nubiana, Parda Alpina e Moxotó) tem-se mostrado adaptado ao semiárido nordestino (SILVA & ARAÚJO, 2000).

FERREIRA & TRIGUEIRO (1998), estudando a produção de leite de cabras puras das raças Anglo Nubiana, Parda Alemã e British Alpine, durante 195 dias de lactação, na microrregião do Curimataú Paraibano, observaram que a produção obtida para essas raças, correspondeu a 873,6, 1.162,0 e 2.069,0 g, respectivamente. Segundo esses pesquisadores, os parâmetros raça, período de lactação e período de ordenha influenciou significativamente a produção de leite para as raças Anglo Nubiana e Parda Alemã, o que não foi verificado para a raça British Alpine.

De acordo com COSTA et al. (2008) os resultados das análises físico-químicas comprovam a aptidão leiteira da raça Moxotó uma vez que se obtiveram elevados teores de proteína, gordura e extrato seco, o que revela a riqueza nutricional do leite e sua importância tecnológica.

Segundo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000) o leite de cabra deve apresentar as características físico-químicas descritas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Características físico-químicas do leite de cabra

Características físico-químicas	Valores
Gordura (%)	0,6 a 2,9
Acidez (% ácido láctico)	0,13 a 0,18
Sólidos não-gordurosos (%) m/m	Mínimo - 8,20
Densidade (15/15 °C)	1,0280 - 1,0340
Índice crioscópico (°H)	-0,550 a -0,585
Proteína total (N x 6,38) (%) m/m	Mínimo - 2,8
Lactose (%) m/v	Mínimo - 4,3
Cinzas (%) m/v	Mínimo - 0,70

Fonte: BRASIL (2000)

2.2 - Umbu-cajá

Dentre os frutos que vêm despertando interesse, especialmente para a agroindústria, se destacam os do gênero *Spondias*, cujos frutos são comercializados em feiras livres ou destinados ao abastecimento das indústrias. Pelas potencialidades apresentadas por esse gênero, pode-se afirmar que se trata de um recurso fitogenético importante para o Nordeste, em que a condição edafoclimática favorece o seu cultivo e a produção (NORONHA et al., 2000).

A umbu-cajazeira é uma planta arbórea, da família Anacardiaceae, resultante do cruzamento natural entre a cajazeira (*Spondias mombim*) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) (SILVA et al., 2005a). É uma frutífera tropical nativa do Nordeste brasileiro ainda em fase de domesticação, sendo a forma de exploração o extrativismo, que apresenta grande potencial agroindustrial e é encontrada espontaneamente nas regiões semiáridas, subúmida e semiúmida do Nordeste brasileiro (LIRA JUNIOR et al., 2005). De fácil propagação, apresenta grandes perspectivas de inserção no mercado interno de frutas exóticas, especialmente na forma de polpa, sucos e sorvetes (RITZINGER et al., 2001).

Na Paraíba a frutífera se encontra distribuída do litoral ao Sertão sendo que, na região do Brejo, são encontrados os exemplares mais exuberantes (FERNANDES et al., 2008). Segundo LIMA et al. (2002), o fruto é caracterizado como uma drupa arredondada, de cor amarela, casca fina e lisa, com endocarpo, vulgarmente chamado “caroço”, grande, branco, suberoso e enrugado, localizado na parte central do fruto, no interior do qual se encontram os lóculos, que podem ou não conter uma semente.

Segundo GIACOMETTI (1993), a época de colheita do umbu-cajá ocorre no período de abril a julho. SILVA et al. (2005b) recomendam que os frutos devem ser colhidos nos estádios de maturação verde ou semimaduro, tendo em vista serem classificados como climatéricos porém, dependendo da fase de crescimento em que se encontra o fruto, a antecipação da colheita pode afetar sua qualidade final. A colheita realizada nesses estádios proporciona melhor seleção dos frutos e qualidade de seus produtos, em razão de que, quando maduros, os frutos se desprendem da planta e caem, ocasionando danos ao se chocarem com galhos e com o solo, podendo perder líquido e entrar em processo de fermentação, além de ficarem expostos ao ataque de insetos, deteriorando-se rapidamente.

O fruto apresenta um rendimento médio de 55 a 65% em polpa, sendo muito consumido na forma in natura e na forma processada como polpa congelada, sucos, néctar, compota e sorvete. O umbu-cajá assume posição de destaque no tocante ao aspecto comercial em função do excelente aroma, sabor, palatabilidade e qualidade nutritiva que oferece ao ser degustado nas mais variadas formas (NORONHA et al., 2000).

O umbu-cajá, de acordo com seu peso é classificado em grande, com peso superior a 15 g, médio, aquele com peso entre 12 e 15 g e pequeno o fruto com peso inferior a 12 g (BOSCO et al., 1999).

Tem-se, na Tabela 2.3, os valores médios de parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de umbu-cajá determinados por diferentes autores.

Tabela 2.3 - Parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de umbu-cajá, determinados por alguns pesquisadores

Parâmetro	SILVA (2003)	MELO et al. (2004)	MELO (2007)	LIMA et al. (2002)
pH	2,62	2,64	2,52	2,08
Umidade (% b.u)	88,57	86,54	89,55	-
Acidez total titulável (% ac. cítrico)	1,43	1,59	2,04	1,77
Açúcares redutores (% glicose)	6,09	11,43	7,22	-
Cinzas (%)	0,54	0,92	0,41	-
Ácido ascórbico (mg/100)	21,68	-	13,53	17,75
Sólido solúvel total (°Brix)	12,31	11,2	12,00	11,25

2.3 - Secagem

De acordo com FIOREZE (2004) secagem e desidratação são termos similares mas, em geral na terminologia dos pesquisadores do tema secagem é utilizado principalmente quando o processo envolve a transferência de calor do ambiente para o produto e desidratação é mais amplo e mais adequado para descrever um processo de retirada de água de um produto sem que, necessariamente, haja transferência de calor e sem a evaporação líquida. Já para AZEREDO et al. (2004), o termo desidratação é usado quando relacionado à remoção quase completa de água, sob condições controladas.

Segundo GAVA (1998), a secagem é um dos processos mais antigos utilizados pelo homem na conservação de alimentos. As vantagens da secagem são várias, entre as quais se tem melhor conservação do produto e redução do seu peso, além de criar condições desfavoráveis para o crescimento microbiano. O processo de secagem também proporciona redução de custos com embalagens, transporte e armazenamento. Este processo consiste na remoção parcial do teor de água de um material a partir da troca de calor entre o meio aquecedor e o produto a ser secado.

Para SPOTO (2006) a secagem ou desidratação pode ser definida como a aplicação de calor sob condições controladas, para remover a maior parte da água normalmente presente em um alimento, por evaporação. Quando o ar aquecido é soprado sobre o alimento, o calor é transferido para a sua superfície e o calor latente de vaporização provoca a retirada de sua umidade. O vapor de água se difunde em uma película delimitante do ar e é carregado por este em movimento, o que cria uma região de menor pressão de vapor de água na superfície do alimento e um gradiente de pressão deste é estabelecido do seu interior úmido para o ar seco. Este gradiente provê a força motriz para remoção da água do alimento.

De conformidade com MELONI (2003) a desidratação de alimentos, como frutas e hortaliças, normalmente significa remoção da umidade do sólido por evaporação e tem, por objetivo, assegurar a conservação das frutas por meio da redução do seu teor de água. Esta redução deve ser efetuada até um ponto, em que a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes, seja suficientemente elevada para reduzir a atividade de água e inibir, portanto, o desenvolvimento de micro-organismos; deve, ainda, conferir ao produto final características sensoriais próprias e preservar ao máximo o seu valor nutricional.

Os meios de desidratação mais empregados são o ar quente, vapor superaquecido, a vácuo, em gás inerte ou pela aplicação direta de calor. A escolha do método de secagem

utilizado depende da natureza do produto a ser desidratado, da forma que se deseja dar ao produto, do fator econômico e das condições de operação (GAVA, 1998).

Existem várias técnicas de desidratação que transformam soluções, suspensões ou emulsões em produtos secos, na forma de pó, dos quais se destacam a liofilização, a secagem por aspersão, a secagem em camada de espuma e a secagem em leito de jorro.

A importância dos alimentos em pó se deve à sua versatilidade no manuseio, armazenamento, processo de fabricação, estabilidade química e microbiológica, entre outras (VISSOTTO et al., 2006).

Diversas experiências já foram realizadas quanto à secagem de produtos alimentícios com a finalidade de se obter um produto em pó. GOMES et al. (2004) secaram, em leito de jorro, polpa de acerola; MEDEIROS et al. (2001) estudaram o desempenho dos inertes na secagem em leito de jorro das polpas de acerola, cajá, umbu, seriguela, manga, pinha e abacate; GABAS et al. (2003) secaram ameixa da variedade Angelo em liofilizador; SILVA et al. (2005a) desidrataram polpa de umbu-cajá através do método de secagem em camada de espuma em estufa com circulação de ar com temperatura de 70 °C; OLIVEIRA et al. (2006), ANSELMO et al. (2006), OLIVEIRA et al. (2007) e MELO (2007) desidrataram, em secador por aspersão, polpa de pitanga, cajá, maracujá e abacaxi e umbu-cajá, respectivamente.

2.3.1 - Secagem por aspersão

A secagem por aspersão também é conhecida como secagem por atomização, secagem por nebulização ou spray drying.

Segundo AZEREDO et al. (2004), a secagem por aspersão envolve a pulverização de um líquido, solução ou uma mistura pastosa, formando gotículas que são lançadas em uma câmara fechada e entram em contato com uma corrente de ar aquecido (fluxo concorrente ou contracorrente), que supre o calor necessário à evaporação da água havendo, assim, formação de partículas secas. O pó produzido, que pode estar na forma de partículas isoladas, grânulos ou aglomerados, é descarregado continuamente da câmara de secagem, onde o tempo de permanência do produto no secador é de 5 a 100 segundos, o que é de importância vital para os alimentos termossensíveis. As partículas de pó podem ter diâmetros que variam de unidades micrométricas até unidades milimétricas e apresentam formas diversas, dependendo dos materiais e métodos usados para sua

obtenção. No geral, o tamanho das partículas produzidas em secagem por aspersão varia de 10 a 500 μm .

Devido à grande área do material atomizado, em relação a seu volume o tempo do processo demora poucos segundos, o que implica em rápida variação simultânea da atividade de água e da temperatura do produto (FIOREZE, 2004).

A temperatura do ar de secagem em secadores por aspersão, pode variar entre 120 a 400 °C (FELLOWS, 2006; GIOLIELLI & PITOMBO, 1998; KAJIYAMA & PARK, 2008; REINECCIUS, 1988).

Conforme SPOTO (2006) a pulverização do líquido na câmara de secagem pode ser realizada por discos ou bicos atomizadores. No primeiro caso, um disco ranhurado, girando em alta velocidade, pulveriza o líquido e protege as gotículas de 50 a 60 μm no sentido radial contra o fluxo de ar quente. A atomização por bicos especiais poderá ser feita com bombas de alta pressão. O ar pode ser aquecido por queima direta de gás, óleo ou outro combustível ou por contato indireto (tubulações aletadas aquecidas por vapor, óleo ou sistema elétrico).

De acordo com ROSA et al. (2006) os tipos básicos de bico atomizador são o de pressão e duplo fluido. No atomizador de bico de pressão o fluido é bombeado para o bico a altas pressões, sendo obrigado a passar por um orifício de diâmetro muito pequeno; daí faz-se necessário o uso de bombas especiais e de materiais para confecção do bico resistente a abrasão, enquanto no atomizador de bico de duplo fluido, ou pneumático, a pressão necessária para pulverizar o fluido é geralmente menor que a usada para o sistema de bico de pressão. Neste sistema o material líquido é rompido pelo cisalhamento gerado pela diferença de velocidades entre ele e outro fluido, em geral o ar. Este é o sistema com maior demanda energética dentre os três (atomizador centrífugo, bicos de pressão e duplo fluido); no entanto, é largamente utilizado em razão da sua grande versatilidade, alto controle de tamanho e uniformidade de gotículas, mas, segundo FELLOWS (2006) uma faixa mais ampla de tamanho de gotículas é produzida pelo atomizador de bico de duplo fluido.

O tamanho das partículas em pó obtidas na secagem por aspersão é influenciado pelo diâmetro dos bicos (LANNES & MEDEIROS, 2003).

Conforme ANSELMO et al. (2006), através de uma solução, emulsão, suspensão ou pasta, existe uma gama muito ampla de produtos que requerem a utilização do sistema de secagem por atomização, que mantém as propriedades físico-químicas dos produtos e, em alguns casos, chega a melhorar essas propriedades. Referidos secadores oferecem

excelente contato entre as partículas e o ar de secagem. O estudo da secagem de materiais nesses secadores visa à otimização de processos industriais e à obtenção de produtos com características morfológicas (área superficial, diâmetro médio de partícula, densidade específica) de acordo com as exigências do mercado.

Conforme LANNES & MEDEIROS (2003) o aquecimento e a transferência de massa durante a secagem ocorrem com filmes de ar e vapor, ao redor das gotículas. Esta proteção do vapor mantém a partícula na temperatura de saturação e, como a partícula não se torna seca, a evaporação continua e a temperatura dos sólidos não se aproxima da temperatura da saída da secagem.

Devido a isto, a rápida evaporação da água no processo de atomização permite manter baixa a temperatura das partículas de maneira que a alta temperatura do ar de secagem não afeta demasiadamente o produto. É muito utilizado não só na indústria de alimentos, mas, também, na indústria farmacêutica, de cerâmica, detergentes e outros (GAVA, 1998).

Segundo FELLOWS (2006) as principais vantagens do secador por aspersão são a secagem rápida, a produção contínua em larga escala, baixos custos de mão-de-obra e operação e manutenção relativamente simples. As principais limitações são o alto custo inicial e a necessidade de um teor de umidade relativamente alto de alimentação para garantir que o alimento possa ser bombeado até o atomizador, resultando em custos de energia mais altos (para remover a umidade) e maiores perdas de voláteis.

Este método de desidratação pode ser utilizado em produtos altamente sensíveis ao calor (MELONI, 2003). Tem sido utilizado na desidratação de café, sucos de laranja, grapefruit, uva, carambola, banana, abacaxi, coco, batatas, alimentos para crianças, leites, ameixa, maçã, sopas, cremes, ovos, tomate, acerola, tamarindo e outros produtos (UBOLBI, 1971; SOARES et al., 2001; VERNON-CARTER et al., 2001; SANKAT & CASTAIGNE, 2004). Entretanto, para a produção de pó a partir de polpa ou suco de frutas, usando-se este método de secagem, na maioria dos casos se torna necessário o uso de aditivos para facilitar a secagem e evitar a caramelização dos açúcares nas paredes do secador.

2.4 - Aditivos

Aditivos são produtos, ou conjunto de produtos, adicionados ao alimento visando melhorar sua qualidade sensorial e nutricional ou que estão presentes neste alimento,

através da contaminação *in natura* ou no seu processamento e armazenamento. Existem duas classes de aditivos: acidentais e intencionais, em que os acidentais são em número menor mas muito variável, pois dependem quase que totalmente de circunstâncias incontroláveis ou desconhecidas, enquanto os intencionais são, em grande número, da ordem de 2.000–2.500. Estes são necessários aos produtos processados dos quais o consumidor espera cor, sabor e textura, porém o aditivo deve ser comprovadamente não-tóxico aos níveis consumidos e, especialmente, não deve ter efeito tóxico cumulativo (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Para FIOREZE (2004) aditivos são substâncias acrescentadas aos alimentos, sem o propósito de alterar seu valor nutritivo mas com o objetivo de conservar e/ou melhorar o produto processado.

Poucas técnicas de secagem são adequadas para a produção de pós de sucos de frutas sem adição de aditivos (BHANDARI et al., 1992). Na secagem por aspersão de polpa de frutas, óleos essenciais e outros produtos alimentícios e alguns aditivos, são utilizados para auxiliar a secagem, tais como: sacarose, xarope de milho, maltodextrina, lactose, gomas, amidos, carboximetilcelulose e seu sal sódico (HOLDSWORTH, 1971).

Segundo DAIUTO & CEREDA (2003) os amidos e seus derivados são os aditivos mais utilizados como suporte para desidratação por atomização de produtos alimentícios. Entre os suportes de amidos e derivados podem ser citados: amidos ou féculas (nativos ou granulares), dextrinas (pirodextrinas ou dextrinas ácidas e dextrinas enzimáticas), maltodextrinas, ciclodextrinas e xaropes.

Um dos amidos mais utilizados na secagem por aspersão é a maltodextrina, em razão do seu baixo custo e por apresentar baixa higroscopicidade, evitando a aglomeração das partículas (ANSELMO et al., 2006).

Maltodextrinas são misturas de malto-oligossacarídeos com dextrose equivalente (DE) inferior a 20. Quando a DE é igual ou maior que 20, é chamado sólido de xarope de milho. A maltodextrina é produzida a partir da hidrólise parcial, ácida ou enzimática do amido de milho; em geral, é encontrada como pó branco, não-doce, ou soluções concentradas, apresentando a fórmula geral $(C_6H_{12}O_5)_n \cdot H_2O$. São largamente utilizadas nas indústrias alimentícias e farmacêuticas (SILVA, 1999).

A relação máxima de suco de fruta e maltodextrina varia de acordo com cada tipo de suco, pois é função da estrutura química dos carboidratos presentes nos sucos. Para obtenção da acerola em pó, GOMES et al. (2002) adicionaram 10% de maltodextrina à polpa antes da secagem em secador de leite de jorro; OLIVEIRA et al. (2006) desidrataram

polpa de pitanga com adição de 15% de maltodextrina utilizando um secador por atomização; OLIVEIRA et al. (2007) ao secarem sucos de maracujá (*Passiflora edulis*) e abacaxi (*Ananas comosus*) em secador por atomização, observaram que a adição de 10% de maltodextrina foi adequada para obtenção de suco de abacaxi em pó de boa qualidade; no entanto, para o suco de maracujá em pó a formulação utilizada não foi adequada, devido ao gosto amargo dos sucos reconstituídos; MELO (2007) ao secar uma formulação composta de leite de cabra (80%) e polpa de umbu-cajá (20%), através de um secador por aspersão, também utilizou a maltodextrina nas porcentagens de 10 e 15%.

Para a secagem de leite se usa, geralmente, como aditivo, a lecitina de soja, fosfolípide com propriedades emulsificantes, na proporção de 0,2-0,6% em relação ao pó, que permite tornar instantâneo o leite em pó integral que apresenta dificuldade para reidratação (GIOLIELLI & PITOMBO, 1998).

2.5 - Armazenamento e embalagens

As condições ideais de armazenamento variam largamente de produto para produto e correspondem às condições nas quais esses produtos podem ser armazenados pelo maior espaço de tempo possível, sem perda apreciável de seus atributos de qualidade, tais como: sabor, aroma, textura, cor e umidade. O período de armazenamento depende, sobretudo, da atividade respiratória do produto, suscetibilidade à perda de umidade e resistência aos micro-organismos causadores de doenças. O produto a ser armazenado deve estar na melhor condição e qualidade possível, para que possa ter maior tempo de armazenamento (GARCIA et al., 1989).

A vida de prateleira corresponde ao período de tempo no qual se espera que o produto mantenha um nível de qualidade sob condições específicas de armazenamento (CHITARRA & CHITARRA, 2006); já de acordo com PIERGIOVANNI (1998) vida de prateleira é o período de tempo que corresponde, em condições definidas, a uma tolerável diminuição da qualidade de um produto alimentício embalado.

A qualidade dos produtos alimentícios desidratados se altera com o tempo de armazenamento devido a diversas reações de natureza enzimática e oxidativa entre outras. De maneira geral, tais produtos, quando embalados de forma a serem protegidos para evitar contato com o oxigênio e o ganho de umidade, apresentam maior vida de prateleira (SILVA et al., 2005a).

De acordo com ALVES (2001) a vida de prateleira depende, fundamentalmente, da proteção oferecida pela embalagem contra a absorção de umidade presente no ambiente de estocagem.

Embalagens flexíveis descrevem qualquer tipo de material que não é rígido, mas o termo “filme flexível” é geralmente reservado aos polímeros plásticos não-fibrosos que possuem menos de 0,25 mm de espessura (FELLOWS, 2006).

Na escolha do material flexível para embalagens se deve levar em conta certas propriedades, como: custo, permeabilidade ao vapor d’água, permeabilidade aos gases (O₂ e CO₂), resistência, claridade, aparência, termossoldabilidade, encolhimento, resistência química, odor, faixa de temperatura de trabalho, imprimibilidade, toxicidade, disponibilidade, compressibilidade, maquinabilidade e resistência. De maneira geral, as embalagens flexíveis podem ser classificadas em: papel, plásticos, folhas laminadas e laminados (GAVA, 1998).

Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), a escolha da embalagem e do método de embalagem deve levar em consideração o tipo de produto a ser transportado e o tipo de dano que pode eventualmente ocorrer. A indústria de embalagens de alimentos é uma das que apresentaram maior desenvolvimento nos últimos tempos, em decorrência da demanda dos consumidores por produtos com elevada qualidade sensorial, nutricional, de uso seguro e praticidade.

Os laminados são embalagens compostas em que são sobrepostos filmes plásticos, de alumínio, papel ou papelão, e outro filme plástico (BOBBIO & BOBBIO, 1992). A laminação de dois ou mais filmes melhora a aparência, as propriedades de barreira e/ou a resistência mecânica de uma embalagem (FELLOWS, 2006).

Na indústria de embalagens a metalização de plásticos vem sendo aplicada para melhorar o acabamento e decorar a peça e, muitas vezes, para melhorar suas propriedades, como o aumento da resistência a tração, ao choque e à flexão, melhoria do efeito estético para comercialização, diminuição da absorção de umidade, aumento da tolerância à luz e ao calor, aumento da estabilidade aos produtos químicos e à corrosão (SOARES et al., 2002).

De acordo com MELONI (2003), embalagens laminadas são muito utilizadas em biscoitos, alimentos gordurosos, snacks, batata frita, castanhas, leite em pó, café, condimentos, molhos, mostarda, maionese, catchup, alho, temperos, refrescos em pó, azeitona, amendoim, doces, goma de mascar, sucos, carnes e seus produtos derivados,

queijo e achocolatados. O filme laminado mais utilizado para embalar leite em pó é composto de Poliéster metalizado-Polietileno (FELLOWS, 2006).

Segundo GAVA (1998), embalagens de polietileno são filmes com espessura de até 25 microns ou menos. O polietileno é um polímero obtido a partir da polimerização do etileno, podendo ser classificado em polietileno de baixa densidade e alta densidade. As propriedades de embalagens de polietileno de baixa densidade estão na sua resistência, baixo custo, disponibilidade, transparência, facilidade de termossoldagem e excelente barreira à água; já as embalagens de polietileno de alta densidade têm custo mais alto; no entanto, oferece melhores propriedades de barreira às gorduras e é três vezes melhor como barreira ao oxigênio e duas vezes melhor como barreira à umidade. No Brasil, O polietileno de baixa densidade tem grande uso nas embalagens de leite, cereais, alimentos em pó e outros.

Conforme PIERGIOVANNI (1998) o polietileno de baixa densidade tem ainda, como características, excelente isolamento elétrico, resistência aos ácidos, álcalis, solventes orgânicos a quente e tensoativos e altíssima permeabilidade ao oxigênio. O polietileno tereftalato (PET) possui permeabilidade muito baixa à água e ao oxigênio, elevada dureza e rigidez, resistente aos hidrocarbonetos aromáticos, gorduras, óleos, ácidos e álcalis diluídos, não são resistentes aos hidrocarbonetos halogenados, acetona e aos ácidos e álcalis concentrados.

2.6 - Atividades de água

Segundo BOBBIO & BOBBIO (1995), existem dois tipos de água em um alimento: a que se denomina água livre, onde a água está fracamente ligada ao substrato, e que funciona como solvente, permitindo o crescimento dos micro-organismos e reações químicas e que é eliminada com relativa facilidade; o outro, é a água combinada, que é aquela fortemente ligada ao substrato, mais difícil de ser eliminada e que não é utilizável como solvente e, portanto, não permite o desenvolvimento de micro-organismos e retarda as reações químicas.

A umidade de um alimento é expressa pelo valor obtido na determinação da água total nele contida. Entretanto, este valor não fornece indicações de como a água está distribuída, mas permite saber se toda ela está ligada da mesma maneira. Desta forma, o conhecimento da distribuição da água no alimento é mais importante que simplesmente o conhecimento da umidade (FERREIRA et al., 2003).

De acordo com FIOREZE (2002), colocando-se um produto biológico em um ambiente com temperatura e umidade relativa constantes, por um tempo suficientemente longo, este produto atingirá um ponto de equilíbrio no qual não haverá perda nem ganho de umidade pelo produto. Este teor de umidade do produto é o teor de umidade de equilíbrio. Isto não significa, porém, que a umidade do produto e a do ar são iguais mas, sim, que as pressões de vapor na superfície do produto e a do ar são iguais. A umidade relativa do ar em equilíbrio higroscópico com o produto, também é conhecida como atividade de água (a_w).

O conceito termodinâmico da atividade de água é definido como a relação entre a pressão parcial de vapor da água contida no alimento e a pressão de vapor da água pura, na mesma temperatura (AZEREDO, 2004).

O termo atividade de água foi criado para designar o quanto de água está disponível no alimento, ou seja, para indicar a intensidade com que a água está associada aos constituintes não aquosos. É importante ressaltar que a atividade de água do alimento é uma propriedade intrínseca da amostra, enquanto a umidade relativa (de equilíbrio) depende da atmosfera em equilíbrio com a amostra (RIBEIRO & SERAVALLI, 2004).

A presença da água no produto pode ser medida de diferentes formas, mas nem todos os métodos indicam a disponibilidade da água para os micro-organismos, uma vez que nem toda a água do produto está igualmente disponível. A disponibilidade da água em materiais higroscópicos, tais como em frutas e derivados, é mais bem indicada pela atividade de água (a_w) ou pela umidade de equilíbrio com a umidade relativa do ar ambiente (CORRÊA et al., 2001).

PARK et al. (2001), relataram que o estudo da atividade de água pode ser feito através das isotermas de sorção. Uma isoterma é uma curva que descreve, em uma umidade específica, a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes do material biológico e a pressão de vapor ou umidade relativa, a uma temperatura. Esta relação depende da composição química dos alimentos (gordura, amido, açúcar, proteínas, etc.). O estudo da curva de sorção, que relaciona esta atividade de água com a umidade relativa de equilíbrio, fornece informações relevantes para adequação dos parâmetros de secagem. A determinação da atividade de água é uma das medidas mais importantes no processamento e na análise dos materiais biológicos, devido à sua importância no que diz respeito à qualidade e estabilidade. Para determinação experimental de umidade de equilíbrio torna-se necessário um ambiente com umidade relativa controlada. O método de controle de umidade relativa mais usado é o que utiliza

compostos químicos, tais como soluções aquosas de ácido sulfúrico e soluções de sais. Cada solução apresenta um grau de ajuste de umidade relativa que pode ser obtido variando-se a concentração das soluções a diferentes temperaturas.

A importância da determinação das isotermas de sorção de umidade é sua aplicação na predição do tempo de secagem, da vida de prateleira em determinada embalagem e dos requisitos básicos necessários para que se possa embalar um produto e ainda na caracterização de um produto, quando o mesmo é constituído por componentes de atividade de água diferentes (PENA et al., 2000).

Segundo GOULA et al. (2008) a isoterma de sorção de umidade é uma ferramenta significativa, que pode ser aplicada para otimizar as condições de secagem ou de reidratação e determinar a estabilidade do produto durante a armazenagem.

Uma vez transformado o produto alimentício em pó, uma das mais relevantes informações sobre suas propriedades, são as isotermas de sorção de umidade que têm, por finalidade, estabelecer se o produto sob determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar tende a sorver ou dessorver água (ANSELMO et al., 2006).

Com o intuito de prever o comportamento das isotermas de sorção de umidade, diversos autores propuseram modelos de ajuste de isotermas de sorção. Esses modelos são úteis no conhecimento das características dos produtos (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Modelos matemáticos de ajuste de isotermas de sorção

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

em que: X_e - umidade de equilíbrio (% b.s.); X_m - umidade na monocamada molecular; a_w - atividade de água; k_1 , k_2 , n_1 , n_2 , C , K , a , b , - constantes das equações

O modelo de GAB é um modelo cinético baseado na adsorção de umidade nas multicamadas e no filme condensado e o modelo de Oswin é puramente empírico (GOULA et al., 2008).

GUERRA et al. (2005), estudaram o comportamento higroscópico do leite bubalino em pó processado por secagem por nebulização em spray dryer, e constataram, a partir das

isotermas de adsorção e dessorção de umidade a 25 °C, que a isoterma apresentou concavidade para o eixo das abscissas até níveis intermediários de “a”, assumindo forma exponencial em “a” superior a 0,7, o que as classifica como isotermas do tipo III. Os referidos pesquisadores observaram, ainda, que o melhor ajuste às isotermas foi com o modelo de GAB.

O modelo de Oswin se baseia na expansão matemática para curvas de formato sigmoidal e seus parâmetros se situam dentro dos seguintes limites $a > 0$ e $1 \geq b > 0$ (BLAHOVEC, 2004; PARK et al., 2008). SILVA et al. (2008) ajustaram este modelo às isotermas de adsorção de umidade do açaí e do cupuaçu em pó, e obtiveram $R^2 > 0,98$ e $P < 10\%$; e STENCL (1999) ajustou também este modelo às isotermas de adsorção de umidade de leite em pó desnatado na faixa de temperatura de 20 a 45 °C encontrando $R^2 > 0,98$ e $P < 2\%$.

O modelo de Peleg é um modelo empírico de quatro parâmetros que tenta unir duas tendências em uma equação; pode ser usado em isotermas sigmóides e não sigmóides e geralmente suas constantes n_1 e n_2 têm os seguintes valores $n_1 < 1$ e $n_2 > 1$ (PELEG, 1993). ALEXANDRE et al. (2007) ajustaram o modelo de Peleg às isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, determinadas na faixa de temperatura entre 10 e 40 °C, e obtiveram $R^2 > 0,98$ e $P < 5\%$. MELO et al. (2008) também ajustaram o modelo de Peleg as isotermas de adsorção de umidade, nas temperaturas entre 20-40 °C, do produto em pó elaborado com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina, e encontraram $R^2 > 0,99$ e $P < 2\%$.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

3.1 - Matérias-primas

Utilizaram-se, como matérias-primas: leite de cabra pasteurizado padronizado congelado produzido na região do Cariri paraibano, umbu-cajá em estágio de maturação semimaduros, adquiridos na zona rural de Araruna, na região do Curimataú Paraibano, e maltodextrina (Mor-Rex[®] 1910 - Corn Products Brasil) com DE (Dextrose equivalente) igual a 10.

3.2 - Caracterização físico-química do leite de cabra

Análises físico-químicas foram realizadas no leite de cabra pasteurizado padronizado congelado, de acordo com as metodologias do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.2.1 - Densidade

Para determinação da densidade do leite de cabra, utilizou-se o termolactodensímetro de Quevenne, corrigindo-se a temperatura para 15 °C, de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.2.2 - Extrato seco total

O extrato seco total foi determinado pelo método gravimétrico, segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.2.3 - pH

Determinou-se o pH através do método potenciométrico, com peagômetro previamente calibrado com solução tampão de pH 7,00 e 4,00, segundo o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.2.4 - Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais foram determinados através da leitura direta em refratômetro tipo Abbe, de acordo com o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.2.5 - Lipídios

Os lipídios no leite de cabra foram determinados pelo método de extração direta de Soxhlet, descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), que consiste na extração com solvente etéreo seguido da remoção por evaporação do solvente.

3.2.6 - Sólidos não gordurosos

A determinação da fração dos sólidos não gordurosos foi realizada de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), que consiste na diferença entre o extrato seco total e os lipídios.

3.2.7 - Cinzas

O teor de cinzas (resíduo por incineração) foi determinado através do método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005). O princípio deste método se fundamenta na perda de peso, que ocorre quando o material é incinerado a 540 °C, com destruição da matéria orgânica, sem decomposição apreciável dos constituintes do resíduo mineral ou perda por volatilização.

3.2.8 - Acidez total titulável

Para determinação da acidez total titulável do leite de cabra, utilizou-se a técnica de titulação com solução de NaOH (0,1 N) padronizada na presença de indicador fenolftaleína segundo o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.3 - Processamento da polpa de umbu-cajá

Os frutos do umbu-cajá utilizados para desenvolver este trabalho foram adquiridos e processados de acordo com as etapas apresentadas no fluxograma da Figura 3.1.

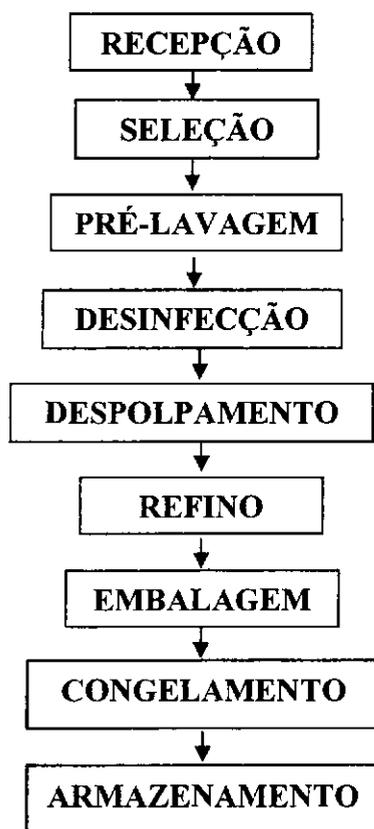


Figura 3.1 - Fluxograma para obtenção da polpa de umbu-cajá

3.3.1 - Recepção

Os umbu-cajás adquiridos foram acondicionados em caixas de isopor e transportados até o laboratório.

3.3.2 - Seleção

A seleção dos frutos foi realizada manualmente, eliminando-se materiais estranhos, frutos danificados e frutos em outro estágio de maturação.

3.3.3 - Pré-lavagem

Para a lavagem dos umbu-cajás utilizou-se água corrente com o objetivo de eliminar terra, sujeira e outros resíduos.

3.3.4 - Desinfecção

Para a desinfecção os frutos foram imersos em recipiente contendo solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm, durante 15 minutos e posteriormente enxaguados em água corrente e colocados em peneiras para drenar o excesso de água.

3.3.5 - Despulpamento

Realizou-se o despulpamento em despulpadeira da marca Laboremus, modelo DF – 200, com capacidade de processamento de aproximadamente 400 kg/h. Os frutos foram desintegrados separando-se a polpa das cascas e sementes, com o auxílio de uma peneira de malha de 2,5 mm.

3.3.6 - Refino

Após o despulpamento a polpa processada foi passada na despulpadeira com uma peneira de malha de 1 mm de diâmetro com o intuito de se obter uma polpa mais refinada, livre de resíduos da semente.

3.3.7 - Embalagem

A polpa de umbu-cajá refinada foi acondicionada em embalagens de polietileno de baixa densidade com capacidade para 500 g.

3.3.8 - Congelamento e armazenamento

As polpas de umbu-cajá embaladas foram congeladas por imersão das embalagens em nitrogênio líquido a uma temperatura de -195°C , proporcionando à polpa um congelamento rápido; a seguir, foram armazenadas em freezer em temperatura de aproximadamente $-22,0^{\circ}\text{C}$, permanecendo até o momento da utilização nos experimentos.

3.4 - Caracterização físico-química da polpa de umbu-cajá

A polpa de umbu-cajá foi submetida às seguintes análises físico-químicas: teor de umidade, pH, sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$), cinzas, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores e densidade.

3.4.1 - Umidade

Determinou-se a umidade segundo o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.4.2 - pH

O pH foi analisado através do método potenciométrico, com peagômetro previamente calibrado com solução tampão de pH 7,00 e 4,00, segundo o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.4.3 - Sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$)

Os sólidos solúveis totais foram determinados através da leitura direta em refratômetro tipo Abbe, segundo o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.4.4 - Cinzas

O teor de cinzas (resíduo por incineração) foi determinado através do método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.4.5 - Ácido ascórbico

Foi determinado segundo o método da (AOAC, 1997), modificado por BENASSI & ANTUNES (1988) no qual se substituiu o solvente extrator ácido metafosfórico por ácido oxálico. Este método se baseia na titulação, empregando-se o 2,6 diclorofenol indofenol sódio que dá cor azul em solução alcalina e cor rósea em solução ácida.

3.4.6 - Acidez total titulável

Para a determinação da acidez total titulável utilizou-se a técnica de titulação com solução padronizada de NaOH a 0,1 N, segundo método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.4.7 - Açúcares redutores

A determinação dos açúcares redutores foi realizada pelo método de redução alcalina descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), a qual se baseia na redução dos sais cúpricos e óxidos cuprosos presentes na solução de Fehling.

3.4.8 - Densidade

Realizou-se a determinação da densidade utilizando-se picnômetros de 25 mL.

3.5 - Preparo das emulsões

Prepararam-se emulsões compostas de leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina. Inicialmente, preparou-se a mistura com partes iguais (1:1) de leite de cabra e polpa de umbu-cajá; a seguir se lhes adicionou maltodextrina nas concentrações de 5, 10 e 15%, calculando-se este percentual sobre a massa total da mistura produzindo-se, desta forma, três diferentes tipos de emulsão. Os ingredientes foram homogeneizados até completa dissolução da maltodextrina.

3.5.1 - Caracterização das emulsões

As emulsões foram analisadas quanto ao teor de umidade, pH, cinzas, acidez total titulável, açúcares redutores, ácido ascórbico, sólidos solúveis totais (°Brix) e densidade, seguindo-se as mesmas metodologias utilizadas e mencionadas no item 3.4 para a caracterização da polpa de umbu-cajá. O teor de amido foi determinado de acordo com a metodologia descrita em LANARA (1981).

3.6 – Secagem das emulsões

Realizaram-se as secagens das emulsões usando-se o secador por aspersão (spray dryer), modelo LM MSD 1.0 da marca Labmaq do Brasil (Figura 3.2).

O secador foi operado com a temperatura do ar de secagem (entrada) de 130 °C, bico pneumático de 0,7 mm, vazão de alimentação das emulsões de 0,5 L/h, vazão do ar comprimido de 30 L/min e vazão do ar de secagem de 0,6 m³/min.



Figura 3.2 - Secador por aspersão (Fonte: Labmaq do Brasil)

3.7 - Caracterização das amostras em pó

Obtiveram-se as amostras em pó, denominadas formulações, a partir da secagem dos três tipos de emulsão no secador por aspersão, coletadas em dois locais distintos no secador (câmara de secagem e ciclone); avaliaram-se, também, quanto aos seguintes parâmetros físico-químicos: umidade, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores, pH e cinzas, seguindo-se as mesmas metodologias citadas no item 3.4; já as medidas dos parâmetros da cor, foram realizadas, utilizando-se um colorímetro, construído por MOTTA (2005), obtendo-se os valores de L^* (luminosidade), a^* definido como a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$) e b^* como a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

3.8 - Armazenamento

Dos três tipos de amostra em pó coletadas na câmara de secagem e no ciclone, fez-se apenas a avaliação da estabilidade durante o armazenamento das amostras produzidas com 10 e 15% de maltodextrina, em razão da amostra com 5% de maltodextrina ter apresentado baixo rendimento e pouco material, devido a secagem não ter sido promissora.

As amostras em pó com 10% e 15% de maltodextrina foram acondicionadas em embalagens laminadas as quais, por sua vez, se compunham de uma camada de PET cristal (polietileno tereftalato cristal) com espessura de 12 μm , uma camada de PET metal (polietileno tereftalato metal) com espessura de 12 μm e uma camada de PEBD cristal (polietileno de baixa densidade cristal) com espessura de 50 μm possuindo espessura total de aproximadamente 74 μm . As embalagens tinham aproximadamente 10 cm de comprimento por 7 cm de largura e continham 20 g da amostra em cada embalagem.

As amostras em pó embaladas foram etiquetadas e armazenadas sob as condições ambientais do laboratório. Fez-se a avaliação físico-química das amostras em pó, em triplicata, a cada quinze dias, durante 60 dias, para a amostra produzida com 10% de maltodextrina e durante 90 dias para a amostra produzida com 15% de maltodextrina. Os parâmetros físicos químicos avaliados durante o armazenamento foram os mesmos descritos no item 3.7.

3.9 - Análise estatística

Realizou-se a análise estatística dos dados experimentais utilizando-se o programa computacional ASSISTAT, versão 7.5 (SILVA & AZEVEDO, 2002).

Para comparação entre as médias dos parâmetros físico-químicos das diferentes emulsões e formulações, usou-se o delineamento inteiramente casualizado com a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os dados experimentais avaliados durante o armazenamento lançou-se mão do esquema fatorial 5 (tempos de armazenamento: 0; 15, 30, 45 e 60 dias) x 2 (locais de coleta da amostra: câmara de secagem e ciclone), para a amostra produzida com 10% de maltodextrina e de 7 (tempos de armazenamento: 0; 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias) x 2 (locais de coleta: câmara de secagem e ciclone) para a amostra produzida com 15% de maltodextrina.

3.10 - Isotermas de adsorção de umidade

As isotermas de adsorção de umidade da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone foram determinadas a 20 °C utilizando-se o método gravimétrico estático com soluções saturadas de sais (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Atividade de água de soluções saturadas de sais a várias temperaturas

Sal	Atividade de água
Hidróxido de sódio (NaOH)	0,0932
Acetato de potássio (CH ₃ COOK)	0,2311
Cloreto de magnésio (MgCl ₂)	0,3307
Nitrato de magnésio (Mg(NO ₃) ₂)	0,5438
Brometo de sódio (NaBr)	0,5914
Iodeto de potássio (KI)	0,699
Cloreto de sódio (NaCl)	0,7547
Sulfato de amônia ((NH ₄) ₂ SO ₄)	0,8134
Cloreto de potássio (KCl)	0,8511
Cromato de potássio (K ₂ CrO ₄)	0,88

Fonte: GREENSPAN (1977)

As massas das amostras em pó foram pesadas diariamente até atingir o equilíbrio, determinando-se então as umidades de equilíbrio (Equação 3.1) em base seca pela diferença entre a massa da amostra no equilíbrio e a massa seca, determinada em estufa.

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} 100 \quad (3.1)$$

em que:

X_e - umidade de equilíbrio (% base seca);

m_e - massa da amostra no equilíbrio (g);

m_s - massa seca da amostra (g)

Os modelos de Oswin (Eq. 3.2), GAB (Eq. 3.3) e Peleg (Eq. 3.4) foram ajustados às isotermas de adsorção de umidade das amostras em pó. Utilizou-se o programa Statistica 5.0 fazendo-se uso de regressão não linear pelo método Quase Newton.

Oswin

$$X_e = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (3.2)$$

em que:

X_e - umidade de equilíbrio (% base seca);

a_w - atividade de água;

a e b - parâmetros de ajuste do modelo

GAB

$$X_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (3.3)$$

em que:

X_e - 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

Peleg

$$X_e = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2} \quad (3.4)$$

em que:

X_e - umidade de equilíbrio (% base seca);

a_w - atividade de água;

k_1, k_2, n_1 e n_2 - constantes da equação

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos às isotermas foram o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P) (Eq. 3.5).

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{\text{exp}} - X_{\text{teor}})|}{X_{\text{exp}}} \quad (3.5)$$

donde:

P - desvio percentual médio (%);

X_{exp} - valores obtidos experimentalmente;

X_{teor} - valores preditos pelo modelo;

n – número de dados experimentais

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização do leite de cabra

Na Tabela 4.1 se encontram os valores médios seguidos dos desvios padrão dos parâmetros físico-químicos avaliados para o leite de cabra pasteurizado, padronizado e congelado.

De acordo com BRASIL (2000) o leite de cabra é considerado padronizado quando o teor de gordura é acertado para 3%; desta forma, constata-se que o teor de lipídios encontrado para o leite de cabra avaliado foi de 3,73% acima, portanto do valor recomendado pela legislação. ZANELA et al. (2006) avaliando o leite de cabra das raças Anglo-Nubiana e Saanen, encontraram teores de lipídios de 3,78 e 3,25%, respectivamente, sendo o da raça Anglo-Nubiana similar ao do presente estudo.

A densidade encontrada para o leite de cabra foi de 1,0301 g/cm³, sendo inferior ao valor médio mencionado por COSTA et al. (2008) para o leite de cabra da raça Moxotó, que foi de 1,033 g/cm³. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000) os valores para a densidade do leite de cabra, seja este integral, semi-desnatado ou desnatado, devem estar compreendidos entre o intervalo de 1,028 a 1,034 g/cm³, estando desta forma o leite de cabra utilizado neste trabalho, dentro do intervalo aceitável.

Tabela 4.1 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos do leite de cabra pasteurizado, padronizado e congelado

Parâmetro	Média e desvio padrão
Lipídios (%)	3,73 ± 0,03
Densidade (g/cm ³) a 15 °C	1,0301 ± 0,0006
Extrato seco total (%)	11,5645 ± 0,0003
pH	6,62 ± 0,03
Sólidos solúveis totais (°Brix)	10,24 ± 0,00
Sólidos não gordurosos (%)	7,83
Cinzas (%)	0,7863±0,0014
Acidez total titulável (% ácido láctico)	0,12 ± 0,01

O extrato seco total observado para o leite de cabra foi de 11,56%, próximo ao valor encontrado por QUEIROGA et al. (2007), de 11,4%, para o leite de cabra da raça Saanen e inferior ao determinado por AMORIM et al. (2006) que foi de 13,03% para o leite de cabras da raça Toggenburg.

O valor médio do pH determinado para o leite de cabra foi de 6,62, semelhante portanto ao determinado por LORA et al. (2006) que foi de 6,6 para o leite de cabra pasteurizado e ligeiramente inferior ao avaliado por BESSA et al. (2005) que foi de 6,7 para o leite de cabra da raça Serrana.

Os teores de sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) encontrados para do leite de cabra analisado foram de 10,24 $^{\circ}$ Brix, superior ao determinado por MELO (2007) que obteve valor médio de 8,25 $^{\circ}$ Brix para o leite de cabra pasteurizado padronizado.

Os sólidos não gordurosos encontrados para o leite de cabra, foram de 7,83%, estando fora do padrão estabelecido pela legislação atual (BRASIL, 2000), que indica o valor mínimo de 8,20% para os sólidos não gordurosos do leite de cabra integral, semidesnatado e desnatado, valor este dentro da faixa avaliada por COSTA et al. (2007) ao estudarem as características físico-químicas do leite de cabra integral pasteurizado, comercializado no estado da Paraíba, que variou ente 7,61 e 10,01% de sólidos não gordurosos.

O teor de cinzas do leite de cabra foi de 0,79%, estando dentro da faixa (0,67 a 0,91%) determinada por RIBEIRO et al. (1997). Este teor também se encontra dentro do padrão de qualidade do leite de cabra exigido pela legislação atual (BRASIL, 2000) que estabelece o teor mínimo de cinzas de 0,70%, para todas as variedades.

A acidez total titulável encontrada para o leite de cabra foi de 0,12% de ácido láctico. Considerando-se que o desvio padrão foi de $\pm 0,01$, o valor máximo da acidez total titulável recomendado para esse tipo de leite de cabra, se encontra dentro do limite estabelecido pela legislação atual (BRASIL, 2000), que é de 0,11 a 0,18% de ácido láctico para o leite de cabra cru congelado e para os tipos integral, semidesnatado ou desnatado a faixa é entre 0,13 a 0,18% de ácido láctico.

4.2 - Caracterização da polpa de umbu-cajá

Encontram-se, na Tabela 4.2, os valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de umbu-cajá seguido dos respectivos desvios padrão.

Observa-se que a umidade da polpa de umbu-cajá foi de 90,76%, resultado superior aos encontrados por NORONHA et al. (2000), que foram de 86,02 e 86,62%, para os frutos em estádios de maturação verde e maduro, respectivamente; no entanto, o valor médio encontrado por MELO et al. (2008) para o teor de umidade da polpa de umbu-cajá foi de 89,55%, sendo próximo ao valor encontrado neste trabalho.

Tabela 4.2 - Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de umbu-cajá seguido dos desvios padrão

Parâmetro	Média e desvio padrão
Umidade (% b.u.)	90,76 ± 0,12
pH	2,65 ± 0,01
Sólidos solúveis totais (°Brix)	10,89 ± 0,00
Cinzas (%)	0,48 ± 0,01
Ácido ascórbico (mg/100 g)	13,28 ± 0,07
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	2,03 ± 0,00
Açúcares redutores (% glicose)	5,42 ± 0,00
Densidade (g/cm ³)	1,0363 ± 0,0011

Nota-se que o valor médio do pH encontrado para a polpa de umbu-cajá foi de 2,65, considerado, portanto, um alimento ácido. LIMA et al. (2002) estudando as características físico-químicas da polpa de umbu-cajá congelada, produzida a partir de cinco estádios de maturação, constataram que o pH das polpas nos diferentes estádios de maturação variaram entre 2,01 a 2,09, sendo inferiores aos encontrados neste trabalho; já NORONHA et al. (2000) encontraram valores de pH superiores, de 3,15 para frutos em estádio de maturação entre verde e maduro e de 3,27 para frutos maduros.

Os sólidos solúveis totais (°Brix) observados para a polpa de umbu-cajá foram de 10,89 °Brix, inferior ao valor encontrado por TORRES et al. (2003) que relataram um teor de 13 °Brix. COSTA et al. (2005) caracterizando os frutos da umbu-cajazeira em diferentes estádios de maturação, relataram um aumento nos sólidos solúveis totais com o avanço da maturação, observando teores de 9,47 e 14,47 °Brix para o fruto com início da pigmentação amarela e para o fruto totalmente amarelo, respectivamente.

O teor de cinzas determinado para a polpa de umbu-cajá foi de 0,48%, sendo inferior ao encontrado por TORRES et al. (2003) que foi de 0,54% para a polpa de umbu-cajá.

O teor de ácido ascórbico da polpa de umbu-cajá foi de 13,28 mg/100 g, similar ao determinado por MELO et al. (2008) que foi de 13,53 mg/100g, enquanto MACHADO et al. (2005) encontraram valores de vitamina C muito heterogêneos, variando de 3,8 mg/100 g, a 16,4 mg/100g, demonstrando a dependência do teor de vitamina C do fruto em relação à variedade.

O valor médio da acidez total titulável determinado neste trabalho para a polpa de umbu-cajá foi de 2,03% de ácido cítrico, idêntico ao valor obtido por LIRA JÚNIOR et al. (2005) que foi de 2,02% de ácido cítrico para o umbu-cajá.

O teor de açúcares redutores da polpa de umbu-cajá obtido foi de 5,42% de glicose, sendo inferior aos valores determinados por NORONHA et al. (2000) para as polpas de umbu-cajá elaboradas com frutos em estádios de maturação variando de verde a maduro e polpa com frutos maduros, que foram de 6,77 e 7,70%, respectivamente. A variação nos teores de açúcares redutores nos frutos se deve principalmente ao tipo de variedade, às condições climáticas e de cultivo e ao estágio de maturação dos frutos em que, geralmente, os frutos maduros possuem teor maior que os frutos verdes. DIAS et al. (2007) encontraram, para a polpa de umbu, teor de açúcares redutores de 4,30%, MATA et al. (2005) verificaram, para a polpa de cajá, teor de 4,5% e MATTIETTO et al. (2007) obtiveram, para o néctar misto elaborado com polpa de cajá e umbu (30:20), teor de 4,24%.

Quanto à densidade, o valor médio obtido para a polpa de umbu-cajá foi de 1,0363 g/cm³, inferior ao valor relatado por MELO et al. (2004) que foi de 1,33.

4.3 - Caracterização das emulsões

Tem-se, na Tabela 4.3, os valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos das emulsões elaboradas com leite de cabra e polpa de umbu-cajá, na proporção de 50%, aos quais foram adicionadas maltodextrina, nas concentrações de 5, 10 e 15% da massa final da emulsão.

Na Tabela A.1 (Apêndice A), encontra-se a análise de variância dos valores de umidade (%) das emulsões elaboradas com 5, 10 e 15% de maltodextrina. De acordo com os valores obtidos, observa-se que houve efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, indicando que as médias de umidade nas emulsões com diferentes concentrações de maltodextrina não são iguais.

As umidades encontradas para as emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina foram, respectivamente, 85,08; 81,19 e 77,67%, médias essas estatisticamente diferentes

pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observa-se que a umidade das emulsões diminuiu com o aumento da concentração de maltodextrina, o que era esperado, em razão do aumento do teor de sólidos representar uma redução da umidade. MELO et al. (2008) ao avaliarem o teor de umidade de emulsões compostas por 80% de leite de cabra e 20% de polpa de umbu-cajá com adição de 10 e 15% de maltodextrina, também constataram que o aumento da concentração de maltodextrina proporcionava a redução do conteúdo de água das emulsões. Pode-se notar, ainda, que a adição da maltodextrina proporcionou, nas emulsões, valores inferiores aos da umidade do leite de cabra (Tabela 4.1) e da polpa de umbu-cajá (Tabela 4.2).

Tabela 4.3 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos e físico-químicos das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina

Parâmetro	Emulsão com 5% de maltodextrina	Emulsão com 10% de maltodextrina	Emulsão com 15% de maltodextrina
Umidade (% b.u.)	85,08 ± 0,07 a	81,19 ± 0,05 b	77,67 ± 0,07 c
pH	2,92 ± 0,02 a	2,92 ± 0,02 a	2,92 ± 0,03 a
Cinzas (%)	0,57 ± 0,02 a	0,52 ± 0,02 b	0,49 ± 0,00 b
Acidez total titul. (%ac.cítrico)	0,99 ± 0,01 a	0,94 ± 0,04 ab	0,89 ± 0,02 b
Açúcares redutores (% glicose)	4,41 ± 0,02 b	4,25 ± 0,13 b	4,80 ± 0,08 a
Amido (%)	5,23 ± 0,12 c	7,25 ± 0,18 b	9,32 ± 0,01 a
Ácido ascórbico (mg/100 g)	3,78 ± 0,16 a	3,65 ± 0,03 a	3,53 ± 0,18 a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	12,40 ± 0,38 c	16,24 ± 0,76 b	19,65 ± 0,38 a
Densidade (g/cm ³) a 24 °C	1,0507 ± 0,0009 c	1,0643 ± 0,0003 b	1,0836 ± 0,0004 a

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

Na Tabela A.2 (Apêndice A) tem-se a análise de variância dos valores de pH das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina. Verifica-se que não houve efeito significativo pelo teste F em relação às emulsões com diferentes concentrações de maltodextrina, o que se observa, na Tabela 4.3, que os valores de pH determinados para as emulsões contendo 5, 10 e 15% de maltodextrina foram considerados estatisticamente semelhantes, apresentando o valor de 2,92 unidades de pH; nota-se que a mistura dos componentes das emulsões proporcionou valores de pH superiores ao da polpa de umbu-cajá integral (Tabela 4.2) e

inferiores ao do leite de cabra (Tabela 4.1), resultando ainda em $\text{pH} < 7,0$ sendo as emulsões consideradas produtos ácidos. MARTINS et al. (2007) observaram, para as formulações de doce de umbu maduro com 0,3% de goma xantana e outra com 0,5% de amido modificado, valores de pH de $3,54 \pm 0,08$ e $3,41 \pm 0,17$, respectivamente, e que não houve influência significativa do tipo e concentração do aditivo utilizado nas formulações sobre o pH .

Na Tabela A.3 (Apêndice A), encontra-se a análise de variância do teor de cinzas das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina. A partir dos valores obtidos observa-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, indicando que as médias de cinzas não apresentaram valores iguais nas emulsões com diferentes concentrações de maltodextrina.

O teor de cinzas obtido para a emulsão com 5% de maltodextrina, foi de 0,57%, sendo estatisticamente diferente dos demais teores de cinzas encontrados para as emulsões com 10 e 15% de maltodextrina, as quais apresentaram valores estatisticamente iguais. Observa-se que os teores de cinzas apresentaram tendência de diminuição com o aumento da concentração de maltodextrina, comportamento esperado em razão da maltodextrina ser um carboidrato significando que contribui para a redução do teor de cinzas da amostra. SILVA (2005) encontrou teor de cinzas para a suspensão elaborada com polpa de cajá integral com adição de 15% de maltodextrina de 0,48%, sendo este valor próximo ao determinado neste trabalho, para a emulsão com 15% de maltodextrina.

Na análise de variância da acidez total titulável (% ácido cítrico) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina, que se encontra na Tabela A.4 (Apêndice A), observa-se que houve efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste F da adição de maltodextrina, indicando diferença entre os valores da acidez para as diversas concentrações de maltodextrina nas emulsões.

Os valores médios da acidez total titulável das emulsões com 5 e 10% de maltodextrina são estatisticamente iguais, o mesmo entre as emulsões com 10 e 15%, porém, a acidez total titulável da emulsão com 5% de maltodextrina é estatisticamente diferente da emulsão com 15% de maltodextrina. Percebe-se haver tendência de redução da acidez total titulável com o aumento da concentração de maltodextrina, fato esperado em razão da maltodextrina contribuir para a diluição do ácido cítrico. DRUNKLER et al. (2001) ao avaliarem a composição do iogurte de leite de cabra sem e com adição de betaciclodextrina (0,4%), ao contrário, não observaram diferença significativa no valor da acidez total titulável. A acidez das emulsões resultou em valores médios inferiores a 1% de

ácido cítrico, correspondendo a menos de 50% da acidez da polpa de umbu-cajá integral (Tabela 4.2).

De acordo com a análise de variância da Tabela A.5 (Apêndice A), dos açúcares redutores (% glicose) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina, constata-se que houve efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, da concentração de maltodextrina. Verifica-se, então, que nas emulsões com diferentes concentrações de maltodextrina os valores médios dos açúcares redutores não resultaram em médias estatisticamente iguais.

Os açúcares redutores das emulsões com adição de 5%, 10% e 15% de maltodextrina foram, respectivamente, de 4,41, 4,25 e 4,80% de glicose. Observa-se que as médias dos açúcares redutores das emulsões com 5 e 10% de maltodextrina são estatisticamente semelhantes enquanto a emulsão com 15% de maltodextrina é significativamente diferente em relação às emulsões com 5 e 10%. O maior teor deste parâmetro ocorreu na emulsão com 15% de maltodextrina evidenciando que a maltodextrina, por se tratar de um carboidrato, contribui para o aumento dos açúcares redutores; no entanto, os valores dos açúcares redutores das emulsões indicaram médias menores que a da polpa de umbu-cajá integral, significando que a maior parte dos açúcares redutores é proveniente da polpa de umbu-cajá. OLIVEIRA et al. (2006) observaram comportamento semelhante detectando redução no percentual dos açúcares redutores de uma formulação composta por polpa de pitanga, maltodextrina e água destilada quando comparado com a polpa de pitanga integral. De acordo com os mesmos autores, isto ocorreu em razão da incorporação da maltodextrina e da água destilada, que contribuem para a redução percentual dos açúcares redutores no volume total da amostra.

A análise de variância do amido (%) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina está apresentada na Tabela A.6, no Apêndice A. Diante dos resultados, constata-se que houve efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F indicando, assim, diferenças nos valores médios de amido nas emulsões com diferentes concentrações de maltodextrina.

Os teores de amido das diferentes emulsões são estatisticamente diferentes a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Constata-se o aumento da concentração de amido com aumento da quantidade de maltodextrina adicionada à emulsão, o que já era previsto, em razão da maltodextrina ser um biopolímero produzido a partir da hidrólise parcial do amido (DAIÚTO & CEREDA, 2003); logo, aumentando-se a quantidade de maltodextrina, aumenta-se também a quantidade de amido.

Tem-se, na Tabela A.7 do Apêndice A, a análise de variância do ácido ascórbico (mg/100g) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina, em que, a partir dos valores de vitamina C obtidos, verifica-se que não houve efeito significativo pelo teste F, da concentração de maltodextrina sobre o teor de ácido ascórbico das emulsões. Confirma-se, na Tabela 4.3, que os teores de ácido ascórbico encontrado para as emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina, são estatisticamente semelhantes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade significando que o aumento da concentração de maltodextrina não influenciou no teor de vitamina C das emulsões. Resultados semelhantes foram observados por MEDEIROS (2004) que também não detectou diferença significativa entre as médias do ácido ascórbico das suspensões elaboradas com polpa de umbu e maltodextrina nas concentrações de 15 e 20%, resultando em teores de 7,28 e 7,17 mg/100 g, respectivamente. Os teores de ácido ascórbico presente nas emulsões são provenientes, sobretudo, da polpa de umbu-cajá, uma vez que o leite de cabra apresenta apenas traços de vitamina C.

A análise de variância dos sólidos solúveis totais (°Brix) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina está representada na Tabela A.8, no Apêndice A. Verifica-se que houve efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, da concentração de maltodextrina sobre os valores dos sólidos solúveis totais (°Brix) das emulsões.

Os sólidos solúveis totais das diferentes emulsões foram considerados estatisticamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, constatando-se que o aumento da quantidade de maltodextrina proporcionou aumento na concentração dos sólidos solúveis totais das emulsões. CALEGUER & BENASSI (2007) também verificaram diferença significativa entre os sólidos solúveis totais das formulações de refresco de laranja elaboradas, uma contendo 0,5% de goma acácia (2,07 °Brix) e outra com adição de 0,1% de carboximetilcelulose (2,15 °Brix).

Na Tabela A.9, no Apêndice A, se encontra a análise de variância da densidade (g/cm^3) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina. Com os resultados obtidos, verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F da concentração de maltodextrina sobre os valores médios da densidade das emulsões.

As densidades das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina foram de 1,0507, 1,0643 e 1,0836 g/cm^3 , respectivamente considerados, portanto, estatisticamente diferentes a 5% de probabilidade, de acordo com o teste de Tukey, notando-se que ocorreu aumento da densidade com aumento da percentagem da maltodextrina. MELO et al. (2006), ao avaliarem o comportamento da densidade em função da concentração de maltodextrina (0,

2,5, 7,5 e 15%) nas emulsões elaboradas com leite de cabra e polpa de umbu-cajá, também verificaram comportamento similar.

4.4 - Caracterização das amostras em pó (formulações)

No Apêndice B, Tabelas B.1 a B.9, tem-se as análises de variância dos parâmetros físico-químicos teor de umidade, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores, pH, cinzas e dos parâmetros de cor (luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo), das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e diferentes concentrações de maltodextrina (5, 10 e 15%), coletadas na câmara de secagem e no ciclone do secador. Verifica-se, nessas tabelas, que houve efeito significativo a 1% de probabilidade do teste F da concentração de maltodextrina e do local de coleta da amostra sobre os parâmetros avaliados.

Na Tabela 4.4 se encontram os valores dos parâmetros químicos e físico-químicos das amostras em pó, também denominadas de formulações em pó, produzidas a partir de emulsões elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina em diferentes concentrações (5, 10 e 15%), coletadas na câmara de secagem e no ciclone do secador por aspersão.

Os valores de umidade da formulação em pó coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador por aspersão da amostra elaborada com 5% de maltodextrina foram estatisticamente diferentes apresentando valores de 5,17 e 2,77%, com o menor teor para o pó coletado no ciclone. Uma provável justificativa para este comportamento seria que, como no ciclone são recolhidas as partículas finas produzidas na secagem, as mesmas possuem uma área superficial maior; daí, secam mais do que as partículas maiores e conseqüentemente, possuem menor umidade. A umidade da formulação com 5% de maltodextrina coletada no ciclone é próxima ao valor de 2,12% determinado por CAMPOS et al. (1998) para leite em pó integral comercial.

Tabela 4.4 - Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina em diferentes concentrações (5, 10% e 15%) coletadas na câmara de secagem e no ciclone

Parâmetro	Formulação com 5% de maltodextrina		Formulação com 10% de maltodextrina		Formulação com 15% de maltodextrina	
	Câmara	Ciclone	Câmara	Ciclone	Câmara	Ciclone
	Umidade (% b.u.)	5,17±0,57c	2,77±0,18d	7,54±0,00 a	6,40±0,00b	6,71±0,01b
Ácido ascórbico (mg/100 g)	39,08±0,02a	28,90±0,01c	30,21±0,02b	30,21±0,02b	26,85±0,00e	26,99±0,00d
Acidez total titulável (% ac. cítrico)	5,76±0,03a	5,90±0,16a	4,56±0,00b	4,56±0,08b	3,92±0,00c	3,84±0,00c
Açúcares redutores (% glicose)	27,19±0,10c	26,14±0,05d	31,21±0,00 a	30,14±0,00b	21,19±0,47f	24,79±0,00e
pH	3,20±0,01ab	3,19±0,01b	3,16±0,01c	3,15±0,01c	3,15±0,00c	3,20±0,00a
Cinzas (%)	2,96±0,00b	3,79±0,00a	2,57±0,01c	2,31±0,00d	2,22±0,00e	2,36±0,05d
Luminosidade (L*)	73,46±0,08e	87,59±0,02c	78,82±0,04d	91,11±0,05a	56,29±0,00f	89,29±0,02b
Intensidade de vermelho (+a)	23,64±0,16a	17,32±0,18b	12,87±0,17c	5,13±0,09d	12,85±0,24c	4,20±0,05e
Intensidade de amarelo (+b*)	33,52±0,13a	24,11±0,13c	28,35±0,00b	12,15±0,00e	20,41±0,00d	9,45±0,04f

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

Para a formulação com 10% de maltodextrina constata-se, também, diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, entre a umidade do pó coletado na câmara de secagem e no ciclone. Como observado para a amostra com 5% de maltodextrina, a umidade do pó com 10% de maltodextrina coletado no ciclone obteve a menor umidade. Comportamento similar também foi verificado por OLIVEIRA et al. (2006) para os pós coletados na câmara e no ciclone do secador por aspersão para uma formulação elaborada com polpa de pitanga e 15% de maltodextrina, apresentando valores de 8,12 e 7,64%, respectivamente, os quais são superiores aos valores determinados neste

trabalho, para todas as amostras; entretanto, DINIZ et al. (2005) encontraram teor de umidade de 6,4% para formulação elaborada com leite de cabra e 0,6% de beta-ciclodextrina desidratada em secador por aspersão (spray dryer), sendo igual ao valor do pó do presente trabalho coletado no ciclone para a formulação com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e 10% de maltodextrina.

Diferentemente das formulações com 5 e 10% de maltodextrina, os valores de umidade da formulação com 15% de maltodextrina coletada na câmara e no ciclone, foram estatisticamente iguais.

Observa-se que, quanto maior a concentração de maltodextrina nas formulações, menores foram as diferenças entre os teores de umidade dos pós coletados na câmara e no ciclone de uma mesma formulação; provavelmente isto ocorreu em razão de que, quanto maior a concentração de sólidos totais mais uniformes são as gotículas aspergidas; conseqüentemente, as características das amostras coletadas nos dois locais são ... próximas.

A umidade das formulações com 10 e 15% de maltodextrina foi estatisticamente semelhante, exceto para o pó coletado na câmara com 10% de maltodextrina. Similarmente, MELO (2007) encontrou valores próximos de umidade entre as formulações em pó, elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina em duas concentrações (10 e 15%), coletadas na câmara e no ciclone do secador por aspersão variando de 3,25% a 3,85%, porém esses dados são inferiores aos do presente trabalho em razão da maior temperatura do ar de secagem na entrada do secador por aspersão (150°C); já a formulação com 5% de maltodextrina apresentou os menores valores de umidade estando de acordo com VALDUGA et al. (2003) que constataram, para formulações em pó de erva-mate com goma arábica desidratadas em secador por atomização, que misturas com menor teor de goma arábica produziram produtos com menor conteúdo de água. A diminuição da concentração de sólidos na alimentação do secador por aspersão causa redução no tamanho das partículas e, conseqüentemente menor teor de umidade (CAI & CORKE, 2000).

Observando-se os teores de ácido ascórbico das amostras em pó da formulação com 5% de maltodextrina coletadas na câmara de secagem e no ciclone, verifica-se diferença significativa entre essas médias apresentando maior teor a amostra coletada na câmara de secagem; esta diferença se deve, provavelmente, ao tamanho das partículas em que, no ciclone, são coletadas as partículas finas as quais, em razão da maior área superficial, estão

mais expostas às altas temperaturas de secagem e tendem, em contrapartida, a apresentar menor teor de ácido ascórbico.

Para as amostras em pó com 10% de maltodextrina coletadas na câmara de secagem e no ciclone, observa-se que os teores de ácido ascórbico são estatisticamente semelhantes. MEDEIROS (2004) ao avaliar as amostras de polpa de umbu em pó produzidas a partir de formulações com diferentes concentrações de maltodextrina (15% e 20%), observou teores de vitamina C estatisticamente iguais.

Os teores de ácido ascórbico da amostra com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, são estatisticamente diferentes, porém com valores muito próximos, detectado pelo desvio padrão de cada média igual a zero.

Diferente do comportamento do ácido ascórbico das emulsões, verifica-se que os valores de ácido ascórbico dos três tipos de amostra (5%, 10% e 15% de maltodextrina), independentemente do local de coleta, são estatisticamente diferentes, exceto entre as médias da amostra com 10% de maltodextrina; constata-se, ainda, que houve uma concentração no teor de ácido ascórbico das formulações em relação aos teores das emulsões. RIGHETTO (2003) estudando o comportamento do suco de acerola verde microencapsulado por atomização e liofilização, verificou que diferentes formulações do material encapsulado (maltodextrina e goma arábica) resultaram também em diferentes retenções de vitamina C, sendo a formulação com maior proporção de maltodextrina, a amostra com a melhor retenção de vitamina C.

Quanto maior a concentração de maltodextrina menor o conteúdo de ácido ascórbico das amostras em pó, devido, provavelmente, à diluição deste parâmetro com a incorporação de maior quantidade do aditivo.

Comparando-se os valores de acidez total titulável das amostras em pó da formulação com 5% de maltodextrina coletadas na câmara de secagem e no ciclone, nota-se que não houve diferença significativa entre as médias, comportamento que também ocorreu para as formulações com 10% e 15% de maltodextrina, mas, os valores de acidez total titulável entre as três formulações são estatisticamente diferentes, apresentando redução deste teor com o aumento da concentração de maltodextrina; este fato era esperado, em razão da maltodextrina ser um amido; sendo assim, não contribui com o conteúdo de ácidos orgânicos das formulações e, conseqüentemente, quanto maior o teor de maltodextrina na formulação menor será a acidez da amostra.

Comparando-se a acidez total titulável das emulsões com a das formulações em pó, observa-se que houve uma concentração da acidez nas amostras em pó, proporcionada pela

redução da umidade. Valores inferiores da acidez total titulável foram determinados por OLIVEIRA et al. (2006) para as amostras em pó de polpa de pitanga com adição de 15% de maltodextrina desidratadas em secador por aspersão, que foi de aproximadamente 0,74% ácido cítrico.

Analisando-se os resultados dos açúcares redutores individualmente para cada tipo de amostra em pó, verifica-se que houve influência significativa do local sobre este parâmetro; observa-se, ainda, que os valores médios dos açúcares redutores são estatisticamente diferentes entre todos os tipos de amostra. MELO (2007), ao desidratar uma emulsão composta por leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina (10%) em secador por aspersão com outras condições de operação, encontrou valores próximos de açúcares redutores de 28,29% e 29,09% de glicose para as amostras em pó coletadas na câmara de secagem e no ciclone, respectivamente. Valores superiores de açúcares redutores foram determinados por SOARES et al. (2001) para a polpa de acerola desidratada pelo processo de secagem em camada de espuma, com teor médio de 43,22% de glicose.

Tem-se que os valores de pH são estatisticamente iguais para as amostras em pó da formulação com 5% de maltodextrina coletadas na câmara de secagem e no ciclone, constatando-se comportamento semelhante para as amostras com 10% de maltodextrina coletadas na câmara de secagem e no ciclone; já para as amostras com 15% de maltodextrina coletadas na câmara e no ciclone, as médias do pH são estatisticamente diferentes com maior valor para a amostra coletada no ciclone; este fato talvez esteja relacionado com o tamanho das partículas, em que as partículas menores são mais favoráveis à oxidação das amostras. Analisando-se as amostras coletadas na câmara observa-se que os valores de pH são estatisticamente diferentes quando comparados entre as formulações com 5% e 10% de maltodextrina; no entanto, as médias são estatisticamente semelhantes entre as formulações com 10% e 15% de maltodextrina. Para as amostras coletadas no ciclone verifica-se que os valores de pH são estatisticamente diferentes entre as formulações com 5%, 10% e 15%. Apesar das diferenças significativas, as médias de pH das amostras em pó variaram de 3,15 a 3,20 unidades de pH, podendo estar relacionadas com as variações experimentais, já que não houve diferença estatística entre as médias do pH das emulsões. GALDINO et al. (2003) encontraram valores próximos de pH (3,03 unidades de pH) na polpa de umbu em pó desidratada pelo processo de secagem em camada de espuma. Constata-se, em relação ao pH das emulsões, um

aumento do pH nas amostras em pó, que se deve à oxidação, notadamente provocada pela temperatura de secagem.

Os valores de cinza para as diferentes formulações coletadas na câmara e no ciclone, foram de no mínimo 2,22% e no máximo 3,79%. Esta variabilidade nos resultados das cinzas pode estar relacionada com o argumento de FELLOWS (2006) ao relatar que as grandes diferenças encontradas no valor nutricional dos alimentos desidratados são devidas às variações da temperatura e do tempo de secagem. SILVA (2005) encontrou médias de cinzas para as amostras de polpa de cajá em pó desidratadas em secador por atomização com diferentes formulações (maltodextrina e amido modificado) um valor mínimo de 2,76% e um valor máximo de 2,85%. Verifica-se, ainda, que houve uma concentração do teor de cinzas das formulações em relação às emulsões (Tabela 4.3).

Observando-se os valores de luminosidade (L^*) constata-se que todas as médias são estatisticamente diferentes. Contrariamente, MEDEIROS (2004) não observou diferença significativa nos valores de luminosidade entre as amostras de polpa de umbu em pó com 15 e 20% de maltodextrina obtidas por secagem. Verifica-se, para cada tipo de amostra em pó individualmente, que o valor de L^* para a amostra coletada no ciclone é maior que o valor da amostra coletada na câmara de secagem para todas as concentrações de maltodextrina. Como os valores da luminosidade variam de 0 a 100 e quanto mais próximo de 100 mais clara é a amostra, significa que, como as amostras coletadas na câmara ficam expostas a temperaturas maiores, elas apresentam maior escurecimento que as amostras coletadas no ciclone. Entre os três tipos de amostra em pó não foi detectado tendência alguma de aumento ou diminuição da luminosidade com o aumento da concentração de maltodextrina. De acordo com FELLOWS (2006) existem diversas causas de perda ou mudança de cor em alimentos desidratados. A secagem modifica as características da superfície de um alimento e, portanto, altera sua refletividade e cor. Em frutas as alterações químicas dos pigmentos são causadas pelo calor e pela oxidação durante a secagem.

Analisando-se cada tipo de amostra individualmente, constata-se diferença estatisticamente significativa entre os valores de intensidade de vermelho ($+a^*$) entre a amostra coletada na câmara de secagem e a amostra coletada no ciclone, apresentando os menores valores as amostras coletadas no ciclone. Sabe-se que quanto maior o valor de $+a^*$ mais intensa é a cor vermelha; constata-se então, que as amostras coletadas no ciclone são menos vermelhas e que existe tendência de redução de $+a^*$ com o aumento da concentração de maltodextrina. SILVA (2005) obteve, para a polpa de cajá em pó com

15% de maltodextrina, secada em secador por aspersão, valor de intensidade de vermelho de 10,67.

Para a intensidade de amarelo (+b*) verifica-se que todas as médias são estatisticamente diferentes, constatando-se que também houve influência do local de coleta (câmara e ciclone) nos valores de +b* das amostras. Observa-se, individualmente, para cada formulação, que os menores valores de +b* são das amostras coletadas no ciclone, o que pode estar relacionado ao tamanho das partículas. Fica evidenciado, por outro lado, que o aumento da concentração de maltodextrina reduziu a intensidade de amarelo significando que as amostras se tornaram menos amarelas, fato provocado, provavelmente, pelo aumento da concentração de maltodextrina, que é de cor quase branca. Valor próximo ao da formulação com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem foi determinado por SILVA (2003) para a polpa de umbu-cajá em pó desidratada pelo processo de secagem em camada de espuma que foi de 28,00.

4.5 - Armazenamento das formulações em pó

Durante as secagens das três emulsões verificou-se que a amostra em pó produzida com 5% de maltodextrina foi a que apresentou maior aderência nas paredes da câmara de secagem e menor rendimento, tornando-se inviável a secagem desta formulação; ante este resultado, fez-se o estudo do armazenamento sob condições ambientais do laboratório, apenas para as amostras em pó produzidas com 10 e 15% de maltodextrina acondicionadas em embalagem laminada, avaliando-se os parâmetros físico-químicos, umidade, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores, pH, cinzas e cor.

No Apêndice C se encontram as análises de variância dos parâmetros físico-químicos analisados (umidade, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores, pH, cinzas, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo) das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e concentrações de 10 e 15% de maltodextrina, para as fontes de variação local de coleta da amostra em pó (câmara de secagem e ciclone) e tempo de armazenamento. De acordo com as análises de variância (Tabelas: C.1, C.2, C.3, C.4, C.7, C.8, C.9, C.10, C.11, C.12, C.13, C.14, C.15 e C.16, C.17 e C.18) do teor de umidade, vitamina C, açúcares redutores, pH, cinzas e luminosidade (L*), intensidade de vermelho (+a*) e intensidade de amarelo (+b*) das formulações em pó com 10 e 15% de maltodextrina, constata-se que houve efeito

significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, das fontes de variação analisadas, local de coleta e tempo de armazenamento e para a interação das mesmas.

4.5.1 - Umidade

Apresentam-se, na Tabela 4.5 os valores médios do teor de umidade da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento.

Tabela 4.5 - Valores médios de umidade da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento.

Tempo de armazenamento (dia)	Umidade (%)	
	Câmara	Ciclone
0	7,54 aA	6,39 aB
15	7,24 bA	5,71 bB
30	5,38 cB	5,45 cA
45	5,35 dA	4,81 dB
60	5,29 eA	4,54 eB

MG = 5,77%; CV = 0,14%; DMS para colunas = 0,02; DMS para linhas = 0,01

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

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

Nota-se, ao longo do armazenamento, que houve diminuição significativa a 5% de probabilidade de acordo com o teste de Tukey no valor da umidade, para ambas as amostras, produzidas com 10% de maltodextrina. Observa-se que a umidade para a amostra coletada na câmara de secagem e no ciclone diminuiu 29,8 e 29,0%, respectivamente, no final do armazenamento em relação ao valor inicial; com este resultado, constata-se que ocorreu uma migração da umidade da amostra em pó para o ambiente externo. Segundo TONELI et al. (2008) durante a armazenagem os alimentos são expostos a condições variadas de temperatura e umidade relativa e, sob essas condições, os alimentos perdem ou ganham água para ajustar sua umidade ao equilíbrio com o ambiente.

De acordo com FELLOWS (2006) dentro das embalagens existe um microclima determinado pela pressão de vapor do alimento na temperatura de estocagem e pela permeabilidade da embalagem, sendo responsável pela perda ou absorção de umidade, que é um dos fatores mais importantes para o controle da vida de prateleira dos alimentos.

MOURA et al. (2007) também verificaram redução de aproximadamente 20% no teor de umidade, após 63 dias de armazenamento de maçãs-passa acondicionadas em embalagem de polietileno (espessura = 140 μ), contendo aproximadamente 200 g do produto, as quais foram colocadas em caixas de papelão e armazenadas em câmaras com temperatura controlada de 35 °C e umidade relativa de 40% .

Diferente do comportamento observado durante o armazenamento para a amostra produzida com 10% de maltodextrina, FIGUEIRÊDO et al. (2001) observaram, ao avaliarem o armazenamento do suco da acerola (*Malpighia punicifolia* L.) em pó acondicionado em embalagem flexível laminada que, apesar da variabilidade percentual dos dados, não se detectou tendência crescente ou decrescente da umidade durante o período de 360 dias estudado.

Comparando-se as umidades das amostras em pó coletadas na câmara de secagem e no ciclone para os diferentes períodos de armazenamento, vê-se que os valores são estatisticamente diferentes em todos os períodos. Os valores de umidade obtidos na câmara se mostram maiores em relação aos valores obtidos no ciclone, com exceção no tempo de 30 dias, quando a umidade no ciclone se apresentou significativamente maior. Uma provável justificativa para o teor de umidade das partículas coletadas no ciclone possuírem, em geral, menor umidade, se baseia no fato de que, como as mesmas têm uma área superficial maior, secaram mais que as partículas coletadas na câmara, verificando-se esta tendência na maioria dos tempos de armazenamento. Segundo GIOLIELLI & PITOMBO (1998) gotículas grandes geralmente não secam adequadamente antes de alcançarem as paredes e o fundo da câmara e, em contrapartida, as partículas coletadas nesses locais têm umidade maior.

Na Tabela 4.6 estão representados os valores de umidade da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone durante o armazenamento. O teor de umidade para ambas as amostras apresentou tendência de redução com o tempo de armazenamento, semelhante ao comportamento observado para a amostra produzida com 10% de maltodextrina.

Ante os resultados expostos para a amostra em pó coletada na câmara de secagem, observa-se que os valores da umidade permanecem estatisticamente iguais nos 30

primeiros dias de armazenamento; após os 30 dias de armazenamento houve redução significativa no teor de umidade permanecendo, porém, no mesmo nível de umidade, dos 45 aos 90 dias.

O comportamento das amostras durante o armazenamento está diretamente relacionado com o tipo de embalagem utilizada, com o movimento do vapor d'água do alimento para o ambiente, que depende tanto das características do alimento (teor de umidade e composição), como das condições do ar (temperatura e umidade relativa) (FELLOWS, 2006). De acordo com SANTOS (2004) a taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) para filmes sintéticos aumenta com o aumento da temperatura, em uma umidade relativa constante ou aumenta com o acréscimo da umidade relativa, quando altas temperaturas são mantidas constantes.

Para os valores obtidos da umidade da amostra em pó coletada no ciclone durante o armazenamento observa-se, durante os 15 dias iniciais, que a umidade permaneceu estatisticamente inalterada, tendo uma diminuição de umidade a partir dos 15 dias; dos 30 dias até 60 dias, as umidades médias são estatisticamente iguais; já a partir dos 60 dias novamente ocorreu uma diminuição significativa no valor de umidade permanecendo, no entanto, inalterado, dos 75 dias até os 90 dias.

Semelhante às amostras produzidas com 10% de maltodextrina, as umidades no armazenamento para as amostras produzidas com 15% de maltodextrina coletadas na câmara de secagem e no ciclone, diminuíram em 36,8% e 39,8% entre o valor inicial (tempo zero) e o valor final (90 dias), respectivamente.

Nos diferentes tempos de armazenamento observa-se que a umidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem e no ciclone diferiu estatisticamente e os valores de umidade obtidos na câmara são maiores que os observados no ciclone, uma vez que isto se verifica em sete dos cinco tempos avaliados, comportamento idêntico ao das amostras produzidas com 10% de maltodextrina. MELO (2007) ao estudar o armazenamento do pó produzido a partir da mistura de 80% de leite de cabra, 20% de umbu-cajá e 10% de maltodextrina, obtido em secador por aspersão e coletado na câmara e no ciclone de secagem, também notou que os valores de umidade do pó coletado na câmara se mostraram maiores em relação aos obtidos no ciclone, durante os 60 dias de armazenamento.

Tabela 4.6 - Valores médios de umidade da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Umidade (%)	
	Câmara	Ciclone
0	6,71 aA	6,13 aB
15	6,38 aA	5,71 aB
30	6,23 aA	4,70 bB
45	4,54 bB	4,95 bA
60	4,37 bB	4,82 bA
75	4,10 bA	3,68 cB
90	4,24 bA	3,69 cB

MG = 5,02%; CV = 3,96%; DMS para colunas = 0,51; DMS para linhas = 0,33

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

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

4.5.2 - Ácido ascórbico

Encontram-se, na Tabela 4.7, os resultados obtidos de ácido ascórbico da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento. Constata-se, ao longo do armazenamento, tendência de aumento do teor de ácido ascórbico para ambas as amostras. Este aumento dos valores de ácido ascórbico no final do armazenamento (60 dias) em relação ao valor inicial (tempo zero) para as amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone, foram de 12,3% e 5,3%, respectivamente. Observa-se, ainda, que as médias do teor de ácido ascórbico da amostra coletada na câmara de secagem são estatisticamente iguais entre o 15^o e o 30^o dia. Para a amostra coletada no ciclone verifica-se que as médias do ácido ascórbico são estatisticamente iguais entre os tempos de 15 e 30 dias e entre 45 e 60 dias. Do ponto de vista químico, sabe-se que não existe aumento do teor de ácido ascórbico de frutos após a colheita e de alimentos processados durante o armazenamento, cujo acréscimo nos valores se deve à redução da umidade que tem como consequência, a concentração dos teores de ácido ascórbico. Similarmente, MÉLO et al. (2000) constataram aumento no teor de ácido

ascórbico da pitanga madura e semimadura durante o armazenamento refrigerado (8 °C e UR 90-95%), fato justificado pela redução de peso dos frutos.

Analisando-se os teores de ácido ascórbico das amostras em pó coletadas na câmara de secagem e no ciclone nos diferentes tempos de armazenamento, constata-se que as médias são estatisticamente iguais entre esses dois locais de coleta, nos tempos 0, 15 e 30 dias, e estatisticamente diferentes nos tempos 45 e 60 dias, com valores significativamente maiores das amostras da câmara. Sem dúvida, a amostra em pó coletada na câmara de secagem nos dois últimos tempos de armazenamento, apresentou maiores valores de ácido ascórbico que a amostra em pó coletada no ciclone, em razão de que ocorreu, nesses períodos, uma perda maior de água nas amostras da câmara, concentrando-se nesses teores.

Tabela 4.7 - Valores médios de ácido ascórbico da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Ácido ascórbico (mg/100 g)	
	Câmara	Ciclone
0	30,21 dA	30,21 cA
15	30,96 cA	30,95 bA
30	30,97 cA	30,97 bA
45	33,68 bA	31,80 aB
60	33,93 aA	31,82 aB

MG = 31,554%; CV = 0,06%; DMS para colunas = 0,05; DMS para linhas = 0,03

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

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

Na Tabela 4.8 estão representados os resultados de ácido ascórbico da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento. Verifica-se, apesar dos valores oscilarem significativamente, que a partir dos 30 dias para as amostras coletadas na câmara e a partir dos 15 dias para as amostras coletadas no ciclone, os teores finais de ácido ascórbico são maiores que os iniciais denotando-se, em ambas as amostras, tendência de aumento do ácido ascórbico com o tempo de armazenamento, sendo este acréscimo, em relação ao valor inicial, de 1,4% e 1,5%, respectivamente. O aumento do ácido ascórbico verificado nessas amostras

pode ser explicado pela redução da umidade, havendo uma concentração deste nutriente; contrariamente, FREITAS & MORETTI (2006) observaram que o teor de ácido ascórbico em barra de cereais, acondicionadas em três diferentes tipos de embalagem, diminuiu durante 180 dias de armazenamento.

Tabela 4.8 - Valores médios de ácido ascórbico da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Ácido ascórbico (mg/100g)	
	Câmara	Ciclone
0	26,85 cB	26,99 cA
15	26,84 cA	25,22 dB
30	24,93 dA	24,78 eB
45	24,71 eA	24,74 eA
60	24,78 eB	27,31 bA
75	27,36 aB	27,53 aA
90	27,22 bB	27,39 bA

MG = 26,19 mg/100 g; CV = 0,17%; DMS para colunas = 0,12; DMS para linhas = 0,0755

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

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

4.5.3 - pH

Os resultados presentes na Tabela 4.9 se referem aos valores médios de pH da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento.

Analisando-se os valores do pH da amostra coletada na câmara de secagem com o tempo de armazenamento, constata-se um aumento significativo do pH entre o início e os demais tempos de armazenamento; observa-se, ainda, que as médias do pH nos tempos de 15 a 60 dias são estatisticamente iguais. ARLINDO et al. (2007), avaliando o comportamento do pimentão (*Capsicum annuum*) em pó acondicionado em embalagem de polietileno de baixa densidade durante 100 dias a temperatura ambiente, verificaram

também aumento entre o valor inicial e o valor no final do armazenamento, de cerca de 1,2%.

Para a amostra coletada no ciclone também houve tendência de aumento do pH com o tempo de armazenamento; no entanto, verifica-se que as médias entre os tempos de 30 a 60 dias resultaram em valores estatisticamente iguais.

O aumento do pH nas amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone no final do armazenamento em relação ao valor inicial, foi de 1,3 e 2,5%, respectivamente; este pequeno aumento do pH com o tempo de armazenamento pode ser justificado, em parte, por uma possível oxidação da amostra provocada pelo oxigênio residual retido na embalagem durante o seu fechamento ou por sua passagem através da embalagem permitida pela permeabilidade ao oxigênio ou, ainda, pela temperatura do armazenamento.

LIMA et al. (1999) ao avaliarem a estabilidade de pêssegos durante o armazenamento sob refrigeração, verificaram que os valores de pH tenderam a aumentar linearmente com o tempo de armazenamento; conjuntamente, observou-se redução nos níveis de acidez dos frutos. Referidos pesquisadores justificaram que, devido à composição química dos frutos, os quais possuem ácido málico e outros ácidos comumente encontrados em pêssegos (cítrico, succínico), houve tendência das amostras em ceder íons para o meio aquoso, visto serem ácidos fracos, fato que, provavelmente, provocou a alteração dos níveis de pH dos frutos, ao longo do armazenamento.

Tabela 4.9 - Valores médios de pH da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	pH	
	Câmara	Ciclone
0	3,16 bA	3,15 cA
15	3,21 aA	3,20 bA
30	3,20 aB	3,25 aA
45	3,20 aB	3,24 aA
60	3,20 aB	3,23 aA

MG = 3,20; CV = 0,33%; DMS para colunas = 0,03; DMS para linhas = 0,02

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

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

Nos diferentes tempos de armazenamento o pH das amostras em pó coletadas na câmara de secagem apresentou, na maioria dos tempos, valores inferiores aos da amostra coletada no ciclone.

Na Tabela 4.10 estão os resultados médios obtidos de pH da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento.

Diferente da amostra em pó produzida com 10% de maltodextrina, a amostra em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem, apesar de estatisticamente apresentar alguma diferença significativa entre as médias, nota-se que durante o armazenamento os valores de pH não se mostram com tendência de aumento ou redução. Ao avaliar a estabilidade da polpa de acerola em pó embalada em sacos de polietileno durante 60 dias de armazenamento, sob atmosfera ambiente, GOMES et al. (2004) também verificaram oscilações nos valores médios do pH, entre 3,7 e 3,8, não ficando evidente tipo algum de comportamento padrão.

Tabela 4.10 - Valores médios de pH da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	pH	
	Câmara	Ciclone
0	3,15 cB	3,20 aA
15	3,18 aB	3,20 aA
30	3,17 bB	3,19 aA
45	3,15 cB	3,20 aA
60	3,16 bcB	3,19 aA
75	3,17 bB	3,20 aA
90	3,16 bcB	3,20 aA

MG = 3,18; CV = 0,15%; DMS para colunas = 0,01; DMS para linhas = 0,01

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

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

Constatou-se, para a amostra coletada no ciclone, que não houve alteração significativa do pH durante o armazenamento, de acordo com o teste de Tukey a 5% de

probabilidade. SILVA et al. (2005a) também notaram que os valores de pH da polpa de umbu-cajá em pó, acondicionada em embalagem laminada, não alteraram durante 60 dias de armazenamento, em condições ambientais de laboratório.

Nos diferentes tempos de armazenamento tem-se que as amostras em pó coletadas na câmara e no ciclone, diferem estatisticamente entre si, com os valores da amostra coletada na câmara apresentando-se inferiores aos valores observados para a amostra coletada no ciclone.

4.5.4 - Acidez total titulável

Na Tabela C.5 (Apêndice C) tem-se a análise de variância da acidez total titulável da formulação em pó elaborada com 10% de maltodextrina e se verifica efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, apenas para a fonte de variação tempo de armazenamento, não existindo significância para a fonte de variação local de coleta da amostra em pó e para a interação entre esses dois fatores; entretanto, na Tabela C.6 (Apêndice C) da análise de variância dos valores da acidez total titulável, da formulação em pó elaborada com 15% de maltodextrina, verifica-se que ocorreu efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para todas as fontes de variação (tempo de armazenamento e local de coleta) avaliadas e sua interação.

Os resultados mostrados na Tabela 4.11 se referem à acidez total titulável da formulação em pó, produzida com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento. Vê-se que existe tendência de diminuição da acidez, tanto para a amostra coletada na câmara de secagem como no ciclone, com o tempo de armazenamento apesar de, nos primeiros 30 dias de armazenamento, não ter havido, em ambas as amostras, alterações significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. A redução da acidez no final do armazenamento quanto ao valor inicial foi de 5,3 e 4,8% para as amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone, respectivamente. Ao avaliarem o armazenamento durante 100 dias, do pimentão em pó, acondicionado em embalagem laminada, ARLINDO et al. (2007), constataram uma redução acentuada da acidez, ao longo do armazenamento. Sabe-se que, em geral, o comportamento da acidez durante o armazenamento é inversamente proporcional ao do pH; daí, os valores obtidos da acidez da amostra coletada na câmara e no ciclone acompanham esta tendência. Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005) a capacidade tampão de alguns produtos permite grandes variações na acidez sem, no entanto, ter variações apreciáveis no pH.

Nos diferentes tempos de armazenamento observa-se que os valores médios da acidez total titulável das amostras em pó coletadas na câmara de secagem e no ciclone, são estatisticamente iguais e comportamento este já indicado pelo resultado da análise de variância.

Tabela 4.11 - Valores médios da acidez total titulável da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)	
	Câmara	Ciclone
0	4,56 aA	4,56 aA
15	4,51 abA	4,51 abA
30	4,50 abA	4,51 abA
45	4,47 bA	4,48 bA
60	4,32 cA	4,34 cA

MG = 4,48%; CV = 0,55%; DMS para colunas = 0,06; DMS para linhas = 0,04

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

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

A Tabela 4.12 representa os valores médios da acidez total titulável da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento. A acidez das amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone apresentou tendência de redução com o tempo de armazenamento. Este decréscimo da acidez foi da ordem de 10,5 e 8,3% no final do armazenamento em relação ao valor inicial para as amostras coletadas na câmara e no ciclone, respectivamente. SILVA et al. (2005a) ao estudarem o comportamento da polpa de umbu-cajá em pó durante 60 dias em embalagens laminadas e de polietileno, verificaram que houve reduções da acidez total titulável das amostras ao longo do armazenamento, em ambas as embalagens. Os referidos autores observaram, ainda, que entre o tempo inicial e final o percentual de acidez das amostras da embalagem laminada foi reduzido em 7,9% e, nas amostras em embalagem de polietileno, em 12,0%. Contrariamente, CAMPOS et al. (1998) verificaram, para o leite em pó, que os valores de acidez total titulável durante 60 dias de armazenamento, permaneceram inalterados.

YUYAMA et al. (2008) ao estudarem o armazenamento do tucumã (*Astrocarym aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado, perceberam que durante seu armazenamento os valores de acidez não mostraram diferenças significativas em relação aos tipos de embalagem e ao ambiente de armazenamento.

Não se notou, durante o armazenamento, comportamento inverso do pH em relação à acidez total titulável; os dados de pH das amostras coletadas nos dois locais, produzidas com 15% de maltodextrina, não apresentaram tendência de aumento com o tempo de armazenamento enquanto a acidez indicou nessas amostras, tendência de redução. Segundo ATKINS & JONES (2006) quando a concentração de ácidos diminui o pH aumenta, mas, de acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005), a capacidade tampão de alguns produtos permite grandes variações na acidez sem, no entanto, ter variações apreciáveis no pH, justificando-se o comportamento dessas propriedades aqui avaliadas.

Para os tempos de armazenamento 0, 15 e 30 dias, a acidez das amostras em pó coletadas na câmara de secagem e no ciclone, difere estatisticamente porém sem apresentar tendência predominante de maiores valores em nenhum dos tipos de amostra; nos demais tempos não houve diferença estatística entre locais de coleta (câmara e ciclone) das amostras.

Tabela 4.12 - Valores médios da acidez total titulável da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)	
	Câmara	Ciclone
0	3,92 aA	3,84 aB
15	3,71 bB	3,85 aA
30	3,67 bcB	3,78 bA
45	3,63 cdA	3,64 cA
60	3,60 dA	3,62 cA
75	3,51 eA	3,52 dA
90	3,51 eA	3,52 dA

MG = 3,66% ácido cítrico; CV = 0,54%; DMS para colunas = 0,05; DMS para linhas = 0,03

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

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

4.5.5 - Açúcares redutores

Tem-se, na Tabela 4.13, os valores médios dos açúcares redutores, durante o armazenamento, da formulação em pó, produzida com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone. Ante os valores obtidos, observa-se tendência de aumento do teor de açúcares redutores com o tempo de armazenamento, nas duas amostras avaliadas; este aumento foi de 1,8 e 5,4% no final do armazenamento em relação ao valor inicial, para as amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone, respectivamente. Uma provável justificativa para o aumento dos açúcares redutores se baseia na redução da umidade com o tempo de armazenamento que tem, como consequência, a concentração dos açúcares nas amostras; comportamento inverso foi observado por SOARES et al. (2001) para um suplemento alimentar em pó, elaborado a partir da desidratação da polpa de frutos de acerola pelo método de secagem em camada de espuma (foam-mat), durante 90 dias de armazenamento, tendo-se constatado, neste período, redução significativa dos açúcares redutores.

Em todos os tempos de armazenamento se observa que as amostras coletadas na câmara de secagem apresentaram maior percentual de açúcares redutores que as coletadas no ciclone.

Tabela 4.13 - Valores médios dos açúcares redutores da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares redutores (% de glicose)	
	Câmara	Ciclone
0	31,21 eA	30,14 cB
15	31,76 cA	29,63 dB
30	31,22 dA	29,62 dB
45	34,25 aA	31,24 bB
60	31,78 bA	31,77 aB

MG = 31,26%; CV = 0,0043%; DMS para colunas = 0,0033; DMS para linhas = 0,0023

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

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

Na Tabela 4.14 se encontram os valores médios dos açúcares redutores da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento. Verifica-se tendência de aumento nos valores dos açúcares com o tempo de armazenamento para ambas as amostras coletadas; esses aumentos foram de 31,0 e 30,6% no final do armazenamento com relação ao valor inicial para as amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone, respectivamente. Uma hipótese provável para o aumento dos açúcares, também pode ter sido provocada pela redução da umidade com o tempo de armazenamento. BEZERRA et al. (2006) ao avaliarem a estabilidade da polpa de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com várias concentrações de sacarose, durante quatro meses de armazenamento em temperatura ambiente, também notaram que os açúcares redutores apresentaram tendência de crescimento ao longo do tempo de armazenamento. Os autores justificaram este comportamento afirmando que a acidez do meio propicia a hidrólise da sacarose levando à formação de glicose e frutose e que, além disso, o tempo de armazenagem deve influenciar na hidrólise da sacarose, visto que a maior concentração de açúcares redutores coincidiu com o maior período de estocagem; contrariamente, GALDINO et al. (2003) observaram redução dos açúcares redutores do umbu-cajá em pó acondicionado em embalagem laminada, com o tempo de armazenamento.

Tabela 4.14 - Valores médios dos açúcares redutores da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares redutores (% de glicose)	
	Câmara	Ciclone
0	21,19 eB	24,79 fA
15	24,60 dB	25,40 eA
30	26,50 cB	29,13 dA
45	26,90 bB	31,76 bA
60	26,92 bB	31,76 bA
75	26,50 cB	31,24 cA
90	27,76 aB	32,37 aA

MG = 27,63% glicose; CV = 0,49%; DMS para colunas = 0,35; DMS para linhas = 0,23

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

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

Nos diferentes tempos de armazenamento os teores de açúcares redutores das amostras em pó, produzidas com 15% de maltodextrina e coletadas na câmara de secagem, resultaram em valores estatisticamente inferiores aos da amostra coletada no ciclone. Da mesma forma, OLIVEIRA et al. (2006) observaram este mesmo comportamento para os açúcares redutores da pitanga em pó desidratada também em secador por aspersão, verificando que o teor obtido na câmara foi inferior ao obtido no ciclone e justificado pela diferença entre os valores de umidade, uma vez que o valor encontrado na câmara foi maior, resultando em menor proporção de açúcares redutores na massa da amostra; comportamento inverso foi observado para as amostras produzidas com 10% de maltodextrina.

4.5.6 - Cinzas

Na Tabela 4.15 estão os resultados médios das cinzas da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento. Constata-se que as médias das cinzas da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina resultaram em valores superiores aos do açaí em pó e cupuaçu em pó, determinados por SILVA et al. (2008), que foram ambos de 1,30%.

Tabela 4.15 - Valores médios das cinzas da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Cinzas (%)	
	Câmara	Ciclone
0	2,56 eA	2,31 dB
15	2,68 dB	2,98 aA
30	2,88 cA	2,70 bB
45	2,98 bA	2,53 cB
60	3,00aA	2,71 bB

MG = 2,73%; CV = 0,22%; DMS para colunas = 0,01; DMS para linhas = 0,01

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

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

Durante o armazenamento ocorreu um aumento significativo das cinzas da amostra coletada na câmara atingindo no final do armazenamento, acréscimo de 17,2% em relação ao valor inicial, enquanto para a amostra coletada no ciclone se tem que todas as médias são estatisticamente superiores ao valor inicial; entretanto, não houve aumento gradativo com o tempo de armazenamento. O aumento das cinzas da amostra coletada no ciclone no final do armazenamento em relação ao tempo inicial foi de 17,3%; contrariamente, PEREIRA et al. (2006), avaliando o comportamento do tomate em pó, embalado em sacos de polietileno de baixa densidade, durante 60 dias de armazenamento, não observaram diferença significativa entre os valores de cinza, nos diferentes tempos de armazenamento.

Referidos aumentos provavelmente estão relacionados com a redução da umidade que tem, como consequência, a concentração dos minerais na amostra.

Nos diferentes tempos de armazenamento observa-se que as médias da amostra em pó coletada na câmara de secagem e no ciclone, diferem estatisticamente entre si. Os valores de cinza obtidos na câmara são superiores aos observados no ciclone, exceto no tempo de 15 dias.

A Tabela 4.16 representa os resultados médios das cinzas da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento.

Tabela 4.16 - Valores médios das cinzas da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Cinzas (%)	
	Câmara	Ciclone
0	2,22 eB	2,36 bcA
15	2,52 bcA	2,34 cB
30	2,66 aA	2,47 abB
45	2,43 cdB	2,55 aA
60	2,57 abA	1,77 dB
75	2,20 eB	2,44 abcA
90	2,36 dB	2,51 aA

MG = 2,38%; CV = 1,91%; DMS para colunas = 0,12; DMS para linhas = 0,08

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

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

Durante o armazenamento das amostras em pó produzidas com 15% de maltodextrina não se verifica tendência de aumento ou redução no valor das cinzas para as amostras coletadas na câmara e no ciclone. Esta variabilidade pode estar relacionada com a redução no teor de umidade, que provoca a concentração deste nutriente, ou com a quantidade de maltodextrina acumulada em algumas partículas que podem provocar diferenças no conteúdo mineral da amostra. ALEXANDRE (2005) estudando o armazenamento do pó de pitanga, durante 60 dias, também constatou oscilações nos valores médios de cinzas, porém este autor considerou, ainda, que não houve variação no teor de cinzas que pudesse ser atribuída ao período de armazenamento.

4.5.7 - Cor

Nas Tabelas 4.17 a 4.22, estão representados os valores médios referentes aos parâmetros da cor das formulações em pó produzidas com 10% e 15% de maltodextrina, coletadas na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento.

4.5.7.1 - Luminosidade (L^*)

Tem-se, na Tabela 4.17, os valores médios da luminosidade (L^*) da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento.

Constata-se que os valores de luminosidade (L^*) para as amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone, apresentaram tendência de aumento com o tempo de armazenamento. O aumento da luminosidade (L^*) nas amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone, no final do armazenamento em relação ao início, foi de 10,8% e 7,9%, respectivamente. Como o valor de $L^* = 0$ representa que a amostra é considerada escura (preta) e $L^* = 100$ significa que a amostra é clara (branca), constata-se que as amostras clarearam com o tempo de armazenamento não tendo ocorrido, provavelmente, qualquer tipo de escurecimento que fosse percebido através do valor de L^* .

GOMES et al. (2004) ao avaliarem a estabilidade da polpa de acerola em pó produzida em leite de jorro acondicionada em embalagem de polietileno durante 60 dias sob temperatura ambiente, também observaram que os valores da luminosidade diminuíram com o tempo de armazenamento atingindo um percentual de redução no final

do armazenamento de 18,84%, valor este superior aos determinados no presente estudo, significando que a embalagem laminada protege melhor contra alterações da luminosidade.

Tabela 4.17 - Valores médios da luminosidade da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L*)	
	Câmara	Ciclone
0	78,82 eB	91,12 cA
15	79,85 dB	92,14 bA
30	82,59 cB	92,30 bA
45	86,97 bB	98,11 aA
60	87,30 aB	98,30 aA

MG = 88,75; CV = 0,1%; DMS para colunas = 0,21; DMS para linhas = 0,15

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

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

Observa-se, nos diferentes tempos de armazenamento, que os valores da luminosidade da amostra em pó coletada na câmara de secagem são significativamente inferiores aos da amostra coletada no ciclone.

Na Tabela 4.18 estão representados os valores médios da luminosidade (L*) da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento.

Os valores da luminosidade (L*) das amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone, apresentaram tendência de aumento com o tempo de armazenamento, sendo esses aumentos no final do armazenamento, quando comparados com os valores iniciais de 53,5% e 7,0%, respectivamente. Semelhante à amostra produzida com 10% de maltodextrina, significa que o aumento de L* representa um clareamento da amostra com 15% de maltodextrina com o tempo de armazenamento. Em geral, quando ocorre ganho de umidade pela amostra a luminosidade diminui significando que houve escurecimento da amostra; como o comportamento no presente trabalho foi inverso, pode-se justificar este clareamento da amostra com base na redução da umidade com o tempo de armazenamento.

Tabela 4.18 - Valores médios da luminosidade da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L*)	
	Câmara	Ciclone
0	56,29 fB	89,29 fA
15	56,43 eB	95,34 eA
30	83,03 dB	95,39 dA
45	83,20 cB	95,53 cA
60	86,23 bB	95,61 bA
75	86,36 aB	95,66 aA
90	86,39 aB	95,55 cA

MG = 85,74; CV = 0,014%; DMS para colunas = 0,03; DMS para linhas = 0,02

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

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

Observa-se, ainda, que a amostra em pó coletada no ciclone apresentou valores de luminosidade maiores que a amostra em pó coletada na câmara de secagem, em todos os períodos de armazenamento.

4.5.7.2 - Intensidade de vermelho (+a*)

Na Tabela 4.19 se encontram os resultados médios referentes à intensidade de vermelho (+a*) da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento. Para ambas as amostras os valores da intensidade de vermelho (+a*) apresentaram tendência de diminuição com o tempo de armazenamento, significando que as amostras se tornaram menos vermelhas com o tempo de estocagem.

Comparando-se as médias entre os locais de coleta nos diferentes tempos de armazenamento, verifica-se que os valores médios da intensidade de vermelho (+a*) das amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone são estatisticamente diferentes em todos os tempos avaliados, com os maiores valores de +a* obtidos na amostra coletada na câmara de secagem, comportamento inverso ao da luminosidade confirmando, desta forma,

que as amostras coletadas no ciclone têm cor mais clara que as amostras coletadas na câmara de secagem. Uma hipótese para este comportamento pode estar relacionada com a exposição e tempo de permanência da amostra coletada na câmara a temperaturas mais elevadas que a amostra coletada no ciclone.

Tabela 4.19 - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Vermelho (+a*)	
	Câmara	Ciclone
0	12,87 aA	5,13 aB
15	12,02 bA	4,85 aB
30	11,31 cA	4,95 aB
45	9,46 dA	0,50 bB
60	9,35 dA	0,74 bB

MG = +7,12; CV = 2,89%; DMS para colunas = 0,50; DMS para linhas = 0,35

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

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

SILVA et al. (2005a) ao avaliarem o comportamento de uma formulação em pó elaborada a partir de polpa integral de umbu-cajá e aditivos (emulsificante, estabilizante e espessante) e desidratada em estufa, acondicionada em embalagens laminadas e de polietileno durante 60 dias, verificaram que não ocorreu alterações ao longo do armazenamento da intensidade de vermelho (+a*), mantendo-se praticamente os mesmos valores médios em todos os tempos avaliados. A média geral da intensidade de vermelho (+a*) encontrada no referido trabalho foi superior à obtida para a formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina do presente trabalho.

Na Tabela 4.20 tem-se os resultados obtidos referentes à intensidade de vermelho (+a*) da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o tempo de armazenamento.

Constata-se que os valores iniciais (tempo zero) da intensidade de vermelho da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, resultaram em médias inferiores às determinadas na formulação em pó

produzida com 10% de maltodextrina no tempo zero. Similarmente, SABLANI et al. (2008) verificaram, para o pó de tâmaras que, com o aumento da concentração de maltodextrina houve diminuição da intensidade de vermelho.

Tabela 4.20 - Valores médios da intensidade de vermelho da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)	
	Câmara	Ciclone
0	12,85 aA	4,20 aB
15	12,23 bA	3,95 aB
30	11,80 bcA	2,79 bB
45	11,68 cA	1,87 cB
60	9,57 dA	1,47 cB
75	9,84 dA	1,54 cB
90	9,65 dA	0,09 dB

MG = +6,68%; CV = 2,73%; DMS para colunas = 0,47; DMS para linhas = 0,30

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

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

Semelhante à amostra produzida com 10% de maltodextrina, os valores da intensidade de vermelho (+a*) da amostra produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, apresentaram tendência de redução com o tempo de armazenamento totalizando, no final do armazenamento, diminuições significativas, da ordem de 24,9% e 97,9%, em relação ao valor inicial, respectivamente.

O valor de intensidade de vermelho da amostra coletada no ciclone no último tempo de armazenamento aproximou-se de zero chegando quase no limite da mudança da escala de cor, sinal de que houve uma tendência maior de clareamento desta amostra que para a amostra coletada na câmara.

Os valores médios de intensidade de vermelho em todos os tempos de armazenamento avaliados, são estatisticamente diferentes entre os dois locais de coleta e maiores para a amostra coletada na câmara de secagem, acompanhando a mesma tendência da amostra produzida com 10% de maltodextrina.

FIGUEIRÊDO et al. (2005) notaram, ao analisarem o comportamento da intensidade de vermelho da acerola em pó produzida em secador por aspersão com a adição de 15,0% de maltodextrina e 5,0% de goma arábica, durante 30 dias de armazenamento sob diferentes temperaturas e umidades relativas, que houve oscilações nos valores sem nenhum comportamento padrão.

4.5.7.3 - Intensidade de amarelo (+b*)

Os resultados mostrados na Tabela 4.21 se referem aos valores médios de intensidade de amarelo (+b*) da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone durante o armazenamento.

Nota-se, ao longo do armazenamento, que tanto na câmara como no ciclone os valores de intensidade de amarelo (+b*) apresentaram tendência de aumento com o tempo de armazenamento. Verifica-se que este aumento no final do armazenamento em relação ao valor inicial da intensidade de amarelo, foi de 2,7% e 6,7% para as amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone, respectivamente; além disso, em todos os tempos de armazenamento as médias da intensidade de amarelo (+b*) das amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone diferem estatisticamente entre si, em que os valores coletados na câmara foram superiores aos valores coletados no ciclone.

Tabela 4.21 - Valores médios de intensidade de amarelo da formulação em pó produzida com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	Câmara	Ciclone
0	28,35 cA	12,15 dB
15	28,96 bA	12,63 cB
30	28,98 bA	12,60 cB
45	29,12 aA	12,86 bB
60	29,12 aA	12,96 aB

MG = +20,77; CV = 0,14%; DMS para colunas = 0,07; DMS para linhas = 0,05

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

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

Os resultados indicados na Tabela 4.22 se referem aos valores médios de intensidade de amarelo (+b*) da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento.

Tabela 4.22 - Valores médios de intensidade de amarelo (+b*) da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	Câmara	Ciclone
0	20,41 fA	9,45 fB
15	24,10 eA	9,49 efB
30	25,28 dA	9,60 dB
45	25,48 cA	9,58 deB
60	26,22 bA	10,48 cB
75	26,31 abA	10,64 bB
90	26,40 aA	11,60 aB

MG = +17,50; CV = 0,23%; DMS para colunas = 0,10; DMS para linhas = 0,07

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

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

Observa-se que, durante o armazenamento, os valores de intensidade de amarelo (+b*) da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, apresentaram tendência de aumento com o tempo. Constatou-se que este acréscimo no final do armazenamento em relação ao valor inicial da intensidade de amarelo foi de 29,35% para as amostras coletadas na câmara de secagem e 22,75% para a amostra coletada no ciclone, percentuais que foram muito superiores aos determinados na amostra produzida com 10% de maltodextrina.

Em referência aos valores de intensidade de amarelo (+b*) das amostras coletadas na câmara de secagem e ciclone, nos diferentes tempos de armazenamento, eles diferem estatisticamente entre si, sendo que as maiores médias foram encontradas para a amostra coletada na câmara de secagem; contrariamente, MELO (2007) observou que houve reduções da intensidade de amarelo (+b*) da formulação em pó produzida a partir da

mistura de leite de cabra (80%), polpa de umbu-cajá (20%) e maltodextrina (15%), durante o armazenamento em embalagem laminada.

4.6 – Isotermas de adsorção de umidade

Os dados experimentais da umidade de equilíbrio (X_e), a 20 °C, em função da atividade de água (a_w) da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, estão apresentados na Tabela 4.23. Observa-se que a umidade de equilíbrio aumentou com o aumento da atividade de água, para as duas amostras; comportamento idêntico foi verificado por GABAS et al. (2007), para a isoterma de adsorção de umidade a 20 °C do abacaxi em pó, com adição de maltodextrina e desidratado em estufa com vácuo, encontrando umidades de equilíbrio variando entre 3,8 e 29,7% b.s. para atividades de água entre 0,113 e 0,853. Esta umidade de equilíbrio de 29,7% b.s. do abacaxi em pó é próxima às umidades de equilíbrio da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina com atividades de água de 0,8511. Nesta mesma atividade de água e temperatura, GOMES et al. (2002) encontraram, para a acerola em pó produzida com 10% de maltodextrina e secada em leite de jorro, umidade de equilíbrio inferior (25,99%).

FERREIRA & PENA (2003) relataram, para a farinha de pupunha que, em atividades de água superiores a 0,5, o produto expira maiores cuidados ao ser manipulado ou armazenado nessas condições, resultando em aumentos consideráveis na umidade do produto, mostrando-se propenso ao desencadeamento de reações indesejáveis ou proliferação de micro-organismos. Com base, ainda, nos dados da Tabela 4.23, constata-se que a formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina terá estabilidade microbiológica em umidades inferiores a aproximadamente 13% b.s., para a amostra coletada na câmara de secagem, e 16% b.s., para a amostra coletada no ciclone, que corresponde a $a_w < 0,6$ e que, segundo FELLOWS (2006), se refere à faixa de inibição da atividade microbiana.

Com esses resultados, ficou evidente que a formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina é um produto muito higroscópico.

Tabela 4.23 - Valores experimentais da umidade de equilíbrio (X_e) a 20 °C da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone

a_w	X_e (% b.s.)	
	Câmara de secagem	Ciclone
0,0932	6,19	6,86
0,2311	6,41	8,21
0,3307	11,93	9,62
0,5438	12,65	12,46
0,5914	12,68	15,45
0,6990	17,48	21,40
0,7547	21,43	21,55
0,8134	27,29	24,57
0,8511	29,78	29,65
0,8800	33,12	30,53

Na Tabela 4.24 se acham os parâmetros dos modelos de Oswin, GAB e Peleg, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P). Esses dados são o resultado do ajuste desses modelos às isotermas de adsorção de umidade, determinada a 20 °C, da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone.

Um modelo é considerado adequado para estimar os dados experimentais quando apresenta os valores de R^2 próximos à unidade e os valores de $P \leq 10\%$, segundo LOMAURO et al. (1985), quando $P \leq 5$ considera-se que o ajuste foi excelente e $P > 10\%$ o ajuste é ruim.

Observa-se que os coeficientes de determinação (R^2) resultaram em valores acima de 0,97 em todos os modelos e amostras. Constata-se, em ambas as amostras, para os modelos de GAB e Peleg, que os R^2 foram próximos; já os desvios percentuais médios foram menores para o modelo de Peleg; desta forma, o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais das duas amostras, foi o de Peleg, seguido de GAB e, por último, o de Oswin; no entanto e apesar das diferenças entre os modelos, pode-se utilizar qualquer um para estimar as isotermas de adsorção de umidade a 20 °C da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, exceto o modelo de Oswin para a amostra coletada na câmara de secagem, que apresentou $P > 10\%$.

Tabela 4.24 - Parâmetros dos modelos de Oswin, GAB e Peleg ajustados às isotermas de adsorção de água a 20 °C das formulações em pó com 15% de maltodextrina, coletadas na câmara do secador e no ciclone

Modelo	Parâmetros	15% de maltodextrina	
		Câmara	Ciclone
Oswin	a	12,56	13,57
	b	0,49	0,42
	R²	0,9777	0,9847
	P (%)	11,10	6,95
GAB	X_m	6,64	7,78
	C	58,13	34,35
	K	0,91	0,86
	R²	0,9858	0,9880
	P (%)	7,54	5,42
Peleg	k₁	41,11	9,85
	n₁	5,53	0,15
	k₂	13,93	31,37
	n₂	0,36	3,13
	R²	0,9846	0,9870
	P (%)	7,20	3,79

A umidade na monocamada (X_m) indica a quantidade de água que está fortemente adsorvida aos sítios específicos na superfície do alimento e é considerada como sendo o valor ótimo para assegurar a estabilidade do produto (GABAS et al., 2007). Com este significado, constata-se que o valor do parâmetro X_m do modelo de GAB foi menor para a amostra coletada na câmara de secagem (6,64% b.s.), que para a amostra coletada no ciclone (7,78% b.s.). Com base nesses valores, nota-se que a amostra coletada na câmara deve ser provavelmente, mais estável durante o armazenamento, em razão de que, quanto menor o X_m , maior será a estabilidade do produto (ASCHERI et al., 2006). Valor próximo de X_m foi encontrado por GOMES et al. (2002) para a acerola em pó desidratada com 10% de maltodextrina (8,0% b.s.), e valor inferior foi determinado por GUERRA et al. (2005) para o leite bubalino em pó (2,9% b.s.).

Comportamento inverso ao de X_m foi verificado para o parâmetro C do modelo de GAB, que é a constante relacionada ao calor de sorção, que se apresentou maior para a amostra coletada na câmara de secagem (58,13) que o valor para a amostra coletada no ciclone, que foi de 34,35. Esta constante é função das interações entre os sítios ativos do produto e as moléculas de água. GUERRA et al. (2005) encontraram o valor de $C = 37,3$ ao ajustar o modelo GAB à isoterma de adsorção de umidade a 25 °C do leite bubalino em pó.

Avaliando-se o parâmetro K do modelo de GAB, que é a constante relacionada às propriedades na multicamada, verifica-se que as duas amostras apresentaram valores inferiores aos da unidade, ou seja, de 0,91 para a amostra coletada na câmara de secagem e de 0,86 para a amostra coletada no ciclone. Este parâmetro representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido. O valor de $K = 0,91$ determinado para a formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem é próximo ao encontrado por SANTOS et al. (2004) para a farinha de mandioca temperada (tipo I) que foi de 0,9374 (20 °C).

Para a formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada no ciclone, o valor de K (0,86) foi próximo ao encontrado por COSTA et al. (2003) para a abóbora em pó, obtida pelo processo de secagem em leito de Jorro, que foi de 0,85 (25 °C).

Observando-se os valores de K e C do modelo de GAB, tem-se que as isotermas de adsorção de umidade das formulações em pó produzidas com 15% de maltodextrina, coletadas na câmara do secador e no ciclone, são classificadas como sendo do tipo II ($0 < K \leq 1$, $C > 2$) de acordo com BLAHOVEC (2004).

Tem-se, nas Figuras 4.1 e 4.2, a representação gráfica das isotermas de adsorção de umidade da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone. Observa-se, nessas figuras, que as isotermas apresentam forma sigmoideal característica de isotermas do tipo II, confirmando a classificação de BLAHOVEC (2004), sendo típicas de alimentos, materiais biológicos e de produtos com alto teor de amido (HENAIO et al., 2009; McMINN et al., 2007).

Isotermas do tipo II também foram identificadas para o camu camu em pó liofilizado com 30% de maltodextrina (SILVA et al., 2006a), para o tomate em pó secado em secador por aspersão (GOULA et al., 2008) e para o cajá em pó, também secado com maltodextrina em secador por aspersão (SILVA et al., 2006b). Geralmente, as isotermas apresentam três regiões distintas: regiões de baixa umidade, de umidade intermediária e de alta umidade. Segundo FELLOWS (2006) a primeira parte da curva, que é onde a amostra

é muito estável, vai até a umidade na monocamada constatando-se que para a amostra coletada na câmara de secagem vai até $a_w < 0,3307$ e, para a amostra coletada no ciclone, até $a_w < 0,2311$; a segunda parte da isoterma representa a água adsorvida nas múltiplas camadas dentro do alimento que, provavelmente, corresponde a a_w entre a umidade na monocamada e menores que 0,6; e a terceira parte da isoterma se refere à água livre condensada dentro da estrutura capilar que, sem dúvida, ocorreu em $a_w > 0,6$.

Constata-se, para atividades de água acima de 0,6, que a umidade de equilíbrio das amostras apresentam tendência de aumento exponencial com o aumento da atividade de água; comportamento similar foi verificado por SILVA et al. (2008) para as isotermas de adsorção de umidade, determinadas a 15, 25 e 35 °C, do açaí e do cupuaçu em pó, recomendando-se, portanto, que quando esses produtos fossem armazenados nessas condições, devem ser acondicionados em embalagens que ofereçam resistência à passagem de umidade (embalagens impermeáveis ou com baixa permeabilidade ao vapor de água).

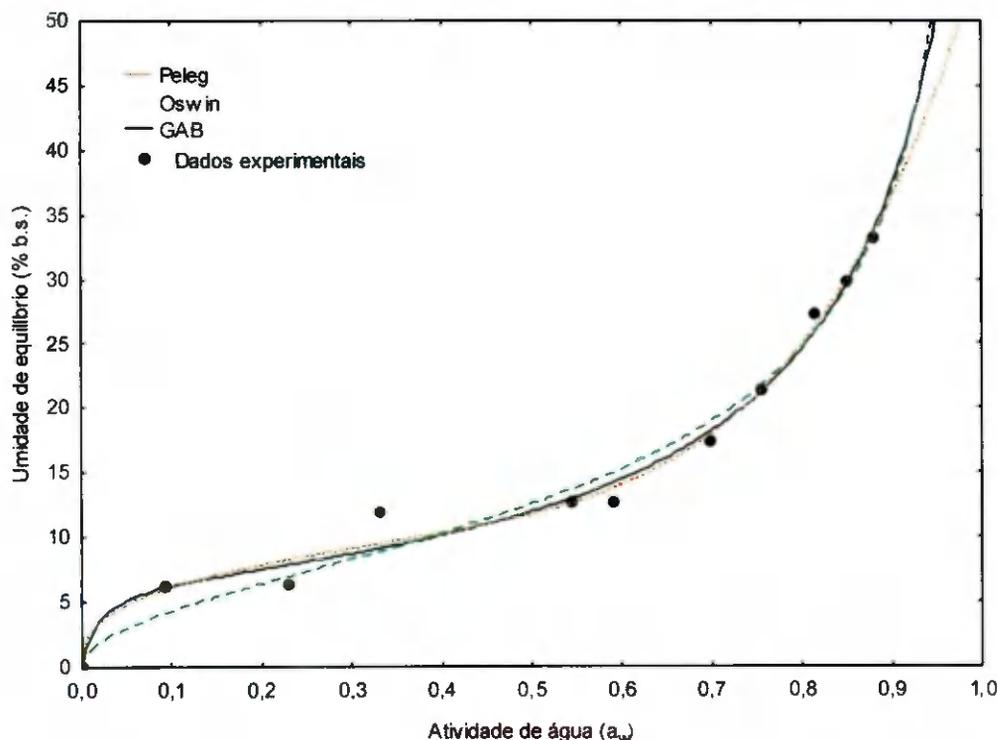


Figura 4.1 - Isotermas de adsorção de umidade a 20 °C da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem, com ajuste pelos modelos de GAB, Oswin e Peleg

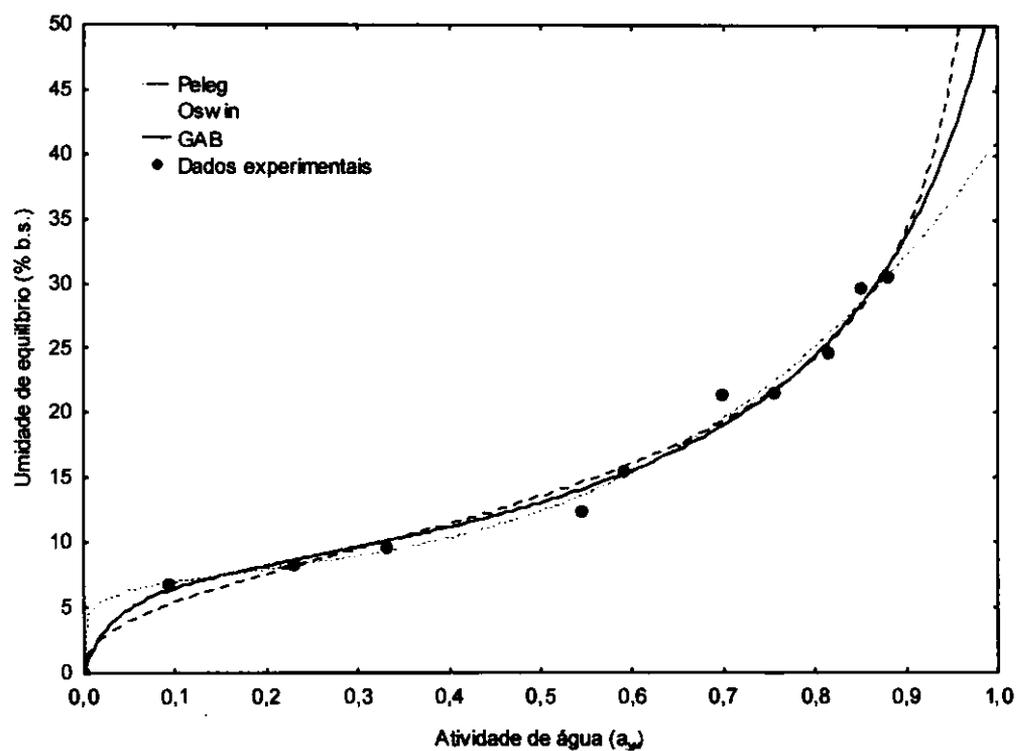


Figura 4.2 - Isotermas de adsorção de umidade a 20 °C da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada no ciclone, com ajuste pelos modelos de GAB, Oswin e Peleg

5 - CONCLUSÕES

A produção de um composto de leite de cabra e polpa de umbu-cajá em pó obtido por meio de secagem por aspersão mostra-se viável, resultando em um produto com aroma e aparência distinto ao do leite de cabra e adequado para o armazenamento em temperatura ambiente acondicionado em embalagem laminada flexível.

Os valores da caracterização do leite de cabra e do umbu-cajá estão de acordo com os valores pesquisados na literatura.

As amostras obtidas no ciclone apresentaram menores valores de umidade e maiores valores de pH e de luminosidade em comparação com as amostras em pó coletadas na câmara de secagem, enquanto as amostras obtidas na câmara de secagem apresentaram maiores valores de intensidade de vermelho e de intensidade de amarelo.

As amostras produzidas com adição de 10% e 15% de maltodextrina apresentaram, durante o tempo de armazenamento, redução na umidade, na acidez total titulável e na intensidade de vermelho; concentração no teor de ácido ascórbico, nos açúcares redutores e no teor de cinzas além de aumento na luminosidade e na intensidade de amarelo;

A combinação de leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina nas concentrações de 10 e 15%, mostraram-se adequadas para a obtenção de um produto alimentício em pó, através do uso de um secador por aspersão, com aparência e aroma diferentes dos do leite de cabra e apropriado para armazenamento em temperatura ambiente.

As isotermas de adsorção de umidade a 20 °C da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, apresentaram forma sigmoideal classificada como isotermas do tipo II;

O modelo que melhor se ajustou às isotermas de adsorção de umidade a 20 °C, da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone, foi o de Peleg.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. R. **Tecnologia de leite e derivados: processamento e controle de qualidade em carnes, leite, ovos e pescado**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 205 p.

ALEXANDRE, H. F. **Secagem da polpa de pitanga e armazenamento do pó**. 2005. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

ALVES, R. M. V. **Embalagem para frutas e hortaliças desidratadas e frutas secas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 12p.

AMORIM, E. A. M.; TORRES, C. A. A.; BRUSCHI, J. H.; FONSECA, J. F.; GUIMARÃES, J. D.; CECON, P. R.; VARVALHO, G. R. Produção e composição do leite, metabólitos sangüíneos e concentração hormonal de cabras lactantes da raça Toggenburg tratadas com somatotropina bovina recombinante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Minas Gerais, v. 35, n. 1, p. 147-153, 2006.

ANSELMO, G. C. S.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; ARRUDA, P. C.; SOUSA, M. C.; Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 58-65, 2006.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 14. ed. Gaithersburg: AOAC, 1997. v. 2, 1141 p.

ARLINDO, D. M.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Armazenamento de pimentão em pó em embalagem de polietileno. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2007.

ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 325-335, 2006.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 968 p.

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S.; BRUNO, L. M.; PINTO, G. A. S. Métodos de conservação de alimentos. In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. p. 97-133.

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, 1988.

BESSA, R.; ALVES, M.; RAVASCO, F.; VITAL, A.; DUTHOIT, M.; MIRANDA, R.; ASSIS, G.; BARBOSA, M. **Queijo de cabra transmontano: aprofundamento da caracterização do leite de cabra serrana, ecotipo transmontano e do respectivo queijo DOP**. Lisboa: Instituto Piaget, 2005. 6 p.

BEZERRA, G. A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA FILHO, M. S. M.; SOUSA, P. H. M. Influencia da adição de sacarose na estabilidade da polpa de bacuri conservada por métodos combinados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 715-723, 2006.

BHANDARI, B. R.; DUMOULIN, E. D.; RICHARD, H. M. J.; NOLEAU, I.; LEBERT, A. M. Flavor encapsulation by spray drying: application to citral and linalyl acetate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 1, p. 217-221, 1992.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 65, n. 44, p. 489-495, 2004.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São

Paulo: Varela, 1992. 151 p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995. 222 p.

BOSCO, J.; AGUIAR, F. S. P. D.; BARROS, R. V. Banco ativo de germoplasma de cajá no estado da Paraíba. In: WORKSHOP PARA CURADORES DE BANCO DE GERMOPLASMA DE ESPÉCIES FRUTÍFERAS, 1., Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa/Cenargen, 1999. p. 80-85.

BRASIL. Portaria n.º 37, de 31 de outubro de 2000. Estabelece o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite de Cabra. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 nov. 2000. Seção 1, p. 23.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. v. 32, p. 1-32.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

BREDA, F. C.; ALBUQUERQUE, L. G.; YAMAKI, M.; FILHO, J. C. R.; SARMENTO, J. L. R.; LOPES, P. S.; RODRIGUES, M. T. Estimaco de parâmetros genéticos para produo de leite de cabras da raa Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viosa, v. 35, n. 2, p. 396-404, 2006.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus batocyanin* pigments. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 7, p. 1248-1252, 2000.

CALEGUER, V. F.; BENASSI, M. T. Efeito da adio de polpa, carboximetilcelulose e goma arábica nas características sensoriais e aceitao de preparados em pó para refresco sabor laranja. **Cincia e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 270-277, 2007.

CAMPOS, L. R.; TREPTOW, R. O.; SOARES, G. J. D. Influência da inertização com nitrogênio na vida de prateleira de leite em pó integral acondicionado em embalagens metalizadas flexíveis. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n. 2, p. 130-137. 1998.

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

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: glossário**. Lavras: UFLA, 2006. 256 p.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; ANDRADE, E. T. Modelagem matemática da atividade de água em polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.283-287, 2001.

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

COSTA, A. L. **Leite caprino: um novo enfoque de pesquisa**. 2004. Disponível em: <http://www.cnpc.embrapa.br/artigo-4.htm>. Acesso em: 10 set. 2009.

COSTA, G. A.; SOUZA, E. O.; SILVA, S. M.; MEDEIROS, E. C. O.; SANTOS, A. F.; BARBOSA, J. A.; SILVA, R. A. R. Conservação pós-colheita de cajá armazenado com recobrimentos biodegradáveis e atmosfera modificada. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS (SBPCFT), 1., 2005, João Pessoa. **Anais...**, João Pessoa: UFPB, 2005. CD.

COSTA, R. G.; BELTRÃO FILHO, E. M.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, A. N.; OLIVEIRA, C. J. B. Características físico-químicas do leite de cabra comercializado no estado da Paraíba, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 2, p. 136-141, 2007.

COSTA, R. G.; MESQUITA, I. V. U.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, A. N.; CARVALHO, F. F. R.; BELTRÃO FILHO, E. M. Características químicas e sensoriais do leite de cabras Moxotó alimentadas com silagem de maniçoba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 694-702, 2008.

CURI, R. A. **Leite de cabra e coalhada congelados para fabricação de produto similar ao queijo pecorino romano: avaliação do custo energético de produção**. 2002. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

DAIÚTO, E. R.; CEREDA, M. P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas sul americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 449-475.

DIAS, S. L.; DANTAS, J. P.; ARAÚJO, A. P.; BARBOSA, A. S.; CAVALCANTI, M. B. D. A.; CANUTO, T. M.; BARBOSA, A. S.; ROCHA, C. O. Avaliação das características físicas e físico-química do fruto do umbuzeiro. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 1., 2007, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2007. CD.

DINIZ, A. C. P.; LUIZ, M. B.; GONZAGA, L. V.; MEIER, M. M.; SZPOGANICZ, B.; FETT, R. Comportamento da beta-ciclodextrina adicionada ao leite de cabra submetido ao processo de desidratação por "spray-dryer". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 197-201, 2005.

DRUNKLER, D. A.; FETT, R.; LUIZ, M. T. B. Utilização de betaciclodextrina na minimização do “sabor caprino” do iogurte de leite de cabra. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 1322, 2001.

FAO. FAOSTAT Online Statistical Service (2006). United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), Rome. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>> Acesso em: 8 out. 2006.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FERNANDES, T. K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MELO, K. S.; BEZERRA, M. C. T. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbucajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n.2, p. 171-180, 2008.

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.

FERREIRA, M. C. C.; TRIGUEIRO, I. N. S. Produção de leite de cabras puras no Curimataú paraibano durante a lactação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 162-164, 1998.

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

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MARTUCCI, E. T. Alterações de cor da acerola em pó sob condições controladas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 49-57, 2005.

FIOREZE, R. Armazenamento de alimentos. In: ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; LIMA, A. W.; SOUSA, C. P. **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB/Idéia, 2002. v.1, p.59-102.

FREITAS, D. G. C.; MORETTI, R. H. Barra de cereais de elevado teor protéico e vitamínico: estabilidade enzimática e das vitaminas C e E durante armazenamento. **Archivos Latinoamericanos de nutrición**, Venezuela, v. 56, n. 3, p. 269-274, 2006.

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

GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A.; TELIS-ROMERO, J. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 82, n. 2, p. 246-252, 2007.

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

GARCIA, E. E. C.; PADULA, M.; SARANTÓPULOS, C. I. G. L. **Embalagens plásticas: propriedades de barreira**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1989. 44 p.

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

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPOSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1., 1992, Cruz das Almas, BA. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1993. p. 13-27.

GIOLIELLI, L. A.; PITOMBO, R. N. M. Conservação de alimentos pelo controle da umidade. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3, cap. 6, p. 123-152.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. 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.

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

GOULA, A. M.; KARAPANTSIOS, T. D.; ACHILIAS, D. S.; ADAMOPOULOS, K. G. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 85, n. 1, p. 73-83, 2008.

GUERRA, R. B.; NEVES, E. C. A.; PENA, R. S. Caracterização e processamento de leite bubalino em pó em secador por nebulização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 443-447, 2005.

GREENSPAN, L. Humidity fixed – points of binary saturated aqueous solutions. **Journal of Research of the National of Standards A. Physics and Chemistry**, Gaithersburg, v. 81, n. 1, p. 89-96, 1977.

HENAO; J. D.; QUEIROZ, M. R.; HAJ-ISA, N. M. A. Umidade de equilíbrio de café cereja descascado baseadas em métodos estático e dinâmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 470-476, 2009.

HOLDSWORTH, S. D. Dehydration of food products: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 6, n. 4, p. 331-370, 1971.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006: resultados preliminares**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 146 p.

KAJIYAMA, T.; PARK, K. J. Influência da umidade inicial da alimentação no tempo de secagem em secador atomizador. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2008.

LANARA. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes**. Brasília: Laboratório Nacional de Referência Animal, 1981. 252 p.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray-dryer. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 39, n.1, p. 1115-1123, 2003.

LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIN, P. J. S. **Umbu-cajá (*Spondias* spp.): aspectos de pós-colheita e processamento**. João Pessoa: Editora Universitária/Idéia, 2002. 57 p.

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

LIRA JUNIOR, J. S.; MUSSER, R. S.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias* spp.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25 n. 4, p. 757-761, 2005.

LISERRE, A. M.; GARCIA, A. O.; YOTSUYANAGI, K.; RODRIGUES, C. F. C.; IAPICHINI, J. E. C. B.; VAN DENDER, A. G. F. Avaliação da aceitabilidade de leite de cabra por crianças. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 62, p. 546-551, 2007.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations: Part I – Fruits, vegetables and meat products. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 18, n. 2, p. 111-117, 1985.

LORA, S. C. P.; PRUDÊNCIO, E. S.; BENEDET, H. D. Avaliação sensorial de sorvetes elaborados com leite de cabra. **Semina - Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 221-230, 2006.

MACHADO, E. S.; JUNIOR, J. J. S.; SOARES, D. M. L. B.; CARVALHO, S. C. L.; RITZINGER, R. Caracterização de populações de umbucajazeiras (*Spondias* sp.) com base na morfologia e parâmetros físico-químicos dos frutos. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS (SBPCFT), 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, 2005. CD.

MARTINS, M. L. A.; BORGES, S. V.; DELIZA, R.; CASTRO, F. T.; CAVALCANTE, N. B. Características de doce em massa de umbu verde e maduro e aceitação pelos

consumidores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1329-1333, 2007.

MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M.; ZANINI, H. L. H. T. Calor específico e densidade da polpa de cajá (*Spondias lutea* L.) com diferentes concentrações de sólidos solúveis sob baixas temperaturas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n.2, p. 488-498, 2005.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 456-463, 2007.

McMINN, W. A. M.; McKEE, D. J.; MAGEE, T. R. A. Moisture adsorption behaviour of oatmeal biscuit and oat flakes. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 79, n. 2, p.481-493, 2007.

MEDEIROS, M. F. D.; ALSINA, O. L. S.; ROCHA, S. C.; JERÔNIMO, C. E. M.; MATA, A. L. M. L.; MEDEIROS, U. K. L.; FURTUNATO, A. A. Escoabilidade de leitos de partículas inertes com polpa de frutas tropicais. Efeitos na secagem em leite de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 475-480, 2001.

MEDEIROS, S. S. A. **Obteução de pó de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) para umbuzada: processamento e caracterização do pó.** 2004. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

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

MELO, W. V.; SOUSA, F. R.; MAGALHÃES, A. B. Características físico químicas do cajá-ímbu (*Spondias* sp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Auais...** Recife: SBCTA, 2004. CD.

MELO, K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FREITAS, J. C. O. Efeito da temperatura e concentração de maltodextrina na densidade do leite de cabra. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 3., 2006, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFCG, 2006. CD.

MELO, J. C. S. **Produção e armazenamento de formulações de leite de cabra e polpa de umbu-cajá.** 2007. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MELO, J. C. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FEITOSA, R. M. Physico-chemical characterization of emulsions with goat milk, umbu-cajá pulp and maltodextrin. In: CIGR - INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 1., CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 37., Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008. CD.

MELONI, P. L. S. Desidratação de frutas e hortaliças. In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 10., 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Instituto Frutal, 2003. 87 p.

MOTTA, J. D. **Construção e avaliação de um colorímetro para produtos agrícolas.** 2005. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MOURA, S. C. S. R.; BERBARI, S. A.; GERMER, S. P. M.; ALMEIDA, M. E. M.; FEFIM, D. A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 787-792, 2007.

NORONHA, M. A. S.; CARDOSO, E. A.; DIAS, N. S. Características físico-químicas de frutos de umbu-cajá (*Spondias* sp.) provenientes dos polos Baixo-Jaguaribe (CE) e Assu-Mossoró (RN). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 91-96, 2000.

OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Análise comparativa de polpa de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 25-33, 2006.

OLIVEIRA, A. R. G.; BORGES, S. V.; FARIA, R. K.; ENDO, E.; GREGÓRIO, S. R. Influência das condições de secagem por atomização sobre as características sensoriais de sucos maracujá (*Passiflora edullis*) e abacaxi (*Ananas comosus*) desidratados. **Revista de Ciências Agrárias**, Fortaleza, v. 38, n. 3, p. 251-256, 2007.

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

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; CORNEJO, F. E. P.; FABBRO, I. M. D. Considerações termodinâmicas das isothermas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 83-94, 2008.

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

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

PEREDA, J. A. O.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLON, G. D. G. F.; PERALES, L. L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2, 279 p.

PEREIRA, I. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Características físico-químicas do tomate em pó durante o armazenamento. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 83-90, 2006.

- PIERGIOVANNI, L. Materiais de embalagem e tecnologias de envase. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. cap. 10, p. 219-278.
- PONTES NETTO, D.; LOPES, M. O.; OLIVEIRA, M. C. S.; NUNES, M. P.; MACHINSKI, M.; BOSQUIROLI, S. L.; BENATTO, A.; BENINI, A.; BOMBARDELLI, A. L. C.; VEDOVELHO FILHO, D.; MACHADO, E.; BELMONTE, I. L.; ALBERTON, M.; PEDROSO, P. P.; SCUCATO, E. S. Levantamento dos principais fármacos utilizados no rebanho leiteiro do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 145-151, 2005.
- PRATA, L. F.; RIBEIRO, A. C.; REZENDE, K. T.; CARVALHO, M. R. B.; RIBEIRO, S. D. A.; COSTA, R. G. Composição, perfil nitrogenado e características do leite caprino (Saanen): Região sudeste, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 428-432, 1998.
- QUADROS, D. G. Leite de cabra: produção e qualidade. **PUBVET - Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2008.
- QUEIROGA, R. C. R. E.; COSTA, R. G.; BISCONTINI, T. M. B.; MEDEIROS, A. N.; MADRUGA, M. S.; SCHULER, A. R. P. Influência do manejo do rebanho, das condições higiênicas da ordenha e da fase de lactação na composição química do leite de cabras Saanen. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 430-437, 2007.
- REINECCIUS, G. A. Spray drying of food flavors. In: RISCH, S. J.; REINECCIUS, G. A. **Flavor encapsulation**. Washington: American Chemical Society, 1988. p. 55-66. (Symposium Series n. 370).
- RIBEIRO, A. C.; PRATA, L. F.; BARBIERI, M. R.; RIBEIRO, S. D. A.; RESENDE, K. T.; COSTA, R. G. Variação da composição do leite de cabra ao longo do ano, em um criatório da região sudeste do Brasil. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. CD. p.331-333.

RIBEIRO, S. D. A. **Caprinocultura: criação racional de caprinos**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1998. 318 p.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184 p.

RIGHETTO, A. M. **Caracterização físico-química e estabilidade de suco de acerola verde microencapsulado por atomização e liofilização**. 2003. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RITZINGER, R.; SOARES F. W. S.; CARVALHO, P. C. L.; FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CERQUEIRA, E. Q.; KISARI, R. G.; SILVA NETO, C. N. Caracterização e avaliação de germoplasma de umbu-cajazeira no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, I., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2001. CD.

ROSA, E. D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L. A. P. Secagem por atomização na indústria alimentícia: fundamentos e aplicações. In: JORNADA CIENTÍFICA DA FAZU, 5., 2006, Uberaba. **Anais...** Uberaba: FAZU, 2006. CD.

SABLANI, S. S.; SHRESTHA, A. K.; BHANDARI, B. R. A new method of producing date powder granules: physicochemical characteristics of powder. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 87, n. 3, p. 416-421, 2008.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, London, v. 37, n. 5, p. 517-525, 2004.

SANTOS, F. S. A.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade de farinhas de mandioca temperadas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 149-155, 2004.

SANTOS, K. A. **Estabilidade da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) em embalagens plásticas**. 2004. 109 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SANTOS, F. C. B.; SOUZA, B. B.; ALFARO, C. E. P.; CÉZAR, M. F.; FILHO, E. C. P.; ACOSTA, A. A. A.; SANTOS, J. R. S. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 142-149, 2005.

SILVA, I. E. **Secagem de vagens de algaroba *Prosopis juliflora* (S.W.) D.C. em laboratório e a nível de fazenda**. 1999. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SILVA, F. L. R.; ARAUJO, A. M. Desempenho produtivo em caprinos mestiços no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1028-1035, 2000.

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.

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

SILVA, Y. C. **Obtenção de cajá em pó utilizando um secador por atomização: caracterização física, físico-química e sensorial do pó**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

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

SILVA, G. C.; CASSIMIRO, C. M.; SOARES, K. T., SILVA, S. M.; SANTOS, A. F. S.; BARBOSA, M. M. Caracterização físico-química de frutos de clones de cajazeira em diferentes estádios de maturação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE

FRUTOS TROPICAIS (SBPCFT), 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2005b. CD.

SILVA, M. A.; SOBRAL, P. J. A.; KIECKBUSCH, T. G. State diagrams of freeze-dried camu-camu (*Myrciaria dúbia* (HBK) Mc Vaugh) pulp with and without maltodextrin addition. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 77, n. 3, p. 426-432, 2006a.

SILVA, Y. C.; MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; OLIVEIRA, C. C. A.; GUEDES, M. A. Atividade de água do cajá em pó microencapsulado com diferentes materiais de parede. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 53-60, 2006b.

SILVA, A. E.; SILVA, L. H. M.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 895-901, 2008.

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

SOARES, E. P.; NUNES, E. C. D.; SAIKI, M.; WIEBECK, H. Caracterização de polímeros e determinação de constituintes inorgânicos em embalagens plásticas metalizadas. **Polímeros: Ciências e Tecnologia**, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 206-212, 2002.

SPOTO, M. H. F. Desidratação de frutas e hortaliças. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. cap. 12, p. 565-604.

STENCL, J. Water activity of skimmed milk powder in the temperature range of 20-45 °C. **Acta Veterinaria Brno**, Brno, v. 68, n. 3, p. 209-215, 1999.

TONELI, J. T. C. L.; PARK, K. J.; MURR, F. E. X.; NEGREIROS, A. A. Efeito da umidade sobre a microestrutura da inulina em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, 2008.

TORRES, L. B. V.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Viscosidades aparente da polpa de umbu-cajá concentrada a 10 °C. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 161-168, 2003.

UBOLDI, M. **Desidratação por camada de espuma ("foam mat")**. 1971. 32 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

VALDUGA, A. T.; BATTESTIN, V.; FINZER, J. R. D. Secagem de extratos de erva-mate em secador por atomização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 184-189, 2003.

VERNON-CARTER, E. J.; ESPINOSA-PAREDES, G.; BERISTAIN, C. I.; ROMERO-TEHUITZIL, H. Effect of foaming agents on the stability, rheological properties, drying kinetics and flavour retention of tamarind foam-mats. **Food Research International**, Barking, v. 34, n. 7, p. 587-598, 2001.

VISSOTTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M.; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, S. J. R. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 666-671, 2006.

WANDER, A. E.; MARTINS, E. C. Viabilidade econômica da caprinocultura leiteira. In: SEMANA DA CAPRINOCULTURA E OVINOCULTURA BRASILEIRA, 4., 2004, Sobral. **Anais...** Embrapa Caprinos, 2004. p. 140-145.

YUYAMA, L. K. O.; MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J. P. L.; MARINHO, H. A. Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 408-412, 2008.

ZANELA, M. B.; FISCER, V.; RIBEIRO, M. E. R.; JUNIOR, W. S.; ZANELA, C.; MARQUEZ, L. T.; MARTINS, P. R. G. Qualidade do leite em sistemas de produção na região Sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 153-159, 2006.

APÊNDICE A

Tabela A.1 – Análise de variância da umidade das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	110,09161	55,04581	12606,4846 **
Resíduo	9	0,03930	0,00437	-
Total	11	110,13091	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.2 – Análise de variância do pH das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,00007	0,00003	0,0566 ns
Resíduo	6	0,00353	0,00059	-
Total	8	0,00360	-	-

ns - não significativo (p -valor $\geq 0,05$); G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.3 – Análise de variância das cinzas das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,0113	0,00567	18,9532 **
Resíduo	6	0,00180	0,00030	-
Total	8	0,01315	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.4 – Análise de variância da acidez total titulável das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,01244	0,00622	7,5613 *
Resíduo	6	0,00494	0,00082	-
Total	8	0,01738	-	-

*Significativo a 5% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.5 – Análise de variância dos açúcares redutores das emulsões com 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,46829	0,23415	31,6081 **
Resíduo	6	0,04445	0,00741	-
Total	8	0,51274	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.6 – Análise de variância do amido das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	25,07303	12,53651	778,4279 **
Resíduo	6	0,09663	0,01610	-
Total	8	25,16966	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.7 – Análise de variância do ácido ascórbico das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,09149	0,04574	2,3781 ns
Resíduo	6	0,11542	0,01924	-
Total	8	0,20691	-	-

ns - não significativo (p -valor $\geq 0,05$); G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.8 – Análise de variância dos sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) das emulsões com 5, 10 e 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	78,93056	39,46528	135,3095 **
Resíduo	6	1,75000	0,29167	-
Total	8	80,68056	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.9 – Análise de variância da densidade das emulsões com 5, 10 e 15% de maítoextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,00327	0,00164	4170,6852 **
Resíduo	15	0,00001	0,00000	-
Total	17	0,00328	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

APÊNDICE B

Tabela B.1 – Análise de variância da umidade das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina, em diferentes concentrações (5, 10 e 15%) coletadas na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	41,68067	8,33613	127,6156 **
Resíduo	12	0,78387	0,06532	-
Total	17	42,46454	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela B.2 – Análise de variância do ácido ascórbico das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina, em diferentes concentrações (5, 10 e 15%) coletadas na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	305,42258	61,08452	345231,62 **
Resíduo	12	0,00212	0,00018	-
Total	17	305,42470	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela B.3 – Análise de variância da acidez total titulável das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina, em diferentes concentrações (5, 10 e 15%) coletadas na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	11,81377	2,36275	435,4314 **
Resíduo	12	0,06511	0,00543	-
Total	17	11,87888	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela B.4 – Análise de variância dos açúcares redutores das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina, em diferentes concentrações (5, 10 e 15%) coletadas na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	200,35460	40,07092	1027,5009 **
Resíduo	12	0,46798	0,03900	-
Total	17	200,82258	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela B.5 – Análise de variância do pH das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina, em diferentes concentrações (5, 10 e 15%) coletadas na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	0,00796	0,00159	71,6500 **
Resíduo	12	0,00027	0,00002	-
Total	17	0,00823	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela B.6 – Análise de variância das cinzas das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina, em diferentes concentrações (5, 10 e 15%) coletadas na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	5,31012	1,06202	2916,6717 **
Resíduo	12	0,00437	0,00036	-
Total	17	5,31449	-	-

ns - não significativo (p -valor $\geq 0,05$); G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela B.7 – Análise de variância da luminosidade (L*) das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina, em diferentes concentrações (5, 10 e 15%) coletadas na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	2614,76634	522,95327	265177,33**
Resíduo	12	0,02367	0,00197	
Total	17	2614,79000		

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela B.8 – Análise de variância da intensidade de vermelho (+a*) das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina, em diferentes concentrações (5, 10 e 15%) coletadas na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	812,43580	162,48716	6091,1388 **
Resíduo	12	0,32011	0,02668	-
Total	17	812,75592	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela B.9 – Análise de variância da intensidade de amarelo (+b*) das formulações em pó elaboradas com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e maltodextrina, em diferentes concentrações (5, 10 e 15%) coletadas na câmara de secagem e no ciclone

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	1295,57059	259,11412	44018,4667 **
Resíduo	12	0,07064	0,00589	-
Total	17	1295,64123	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

APÊNDICE C

Tabela C.1 – Análise de variância da umidade da formulação em pó com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	4	19,59262	4,89816	73625,8426 **
Local de coleta (F ₂)	1	4,53527	4,53527	68171,2507 **
F ₁ x F ₂	4	2,22576	0,55644	8364,0454 **
Resíduo	20	0,00133	0,00007	-
Total	29	26,35499	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.2 – Análise de variância da umidade da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	6	35,11487	5,85248	148,4228 **
Local de coleta (F ₂)	1	1,79085	1,79085	45,4172 **
F ₁ x F ₂	6	4,17603	0,69600	17,6511 **
Resíduo	28	1,10407	0,03943	-
Total	41	42,18582	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.3 – Análise de variância do teor de ácido ascórbico da formulação em pó com 10% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	4	33,95547	8,48887	25038,9633 **
Local de coleta (F ₂)	1	4,83197	4,83197	14252,5007 **
F ₁ x F ₂	4	7,21413	1,80353	5319,7421 **
Resíduo	20	0,00678	0,00034	-
Total	29	46,00836	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.4 – Análise de variância do teor de ácido ascórbico da formulação em pó com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	6	44,00168	7,33361	3601,0072 **
Local de coleta (F ₂)	1	0,34780	0,34780	170,7804 **
F ₁ x F ₂	6	13,40958	223493	1097,4122 **
Resíduo	28	0,05702	0,00204	-
Total	41	57,81608	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.5 – Análise de variância da acidez total titulável da formulação em pó com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	4	0,17333	0,04333	72,0115 **
Local de coleta (F ₂)	1	0,00038	0,00038	0,6354 ns
F ₁ x F ₂	4	0,00051	0,00013	0,2130 ns
Resíduo	20	0,01203	0,00060	-
Total	29	0,18626	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo ($p \geq 0,05$); G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.6 – Análise de variância da acidez total titulável da formulação em pó com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	6	0,67291	0,11215	284,4777 **
Local de coleta (F ₂)	1	0,00891	0,00891	22,6052 **
F ₁ x F ₂	6	0,04846	0,00808	20,4862 **
Resíduo	28	0,01104	0,00039	-
Total	41	0,74132	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.7 – Análise de variância dos açúcares redutores da formulação em pó com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	4	22,99594	5,74899	3112045,48 **
Local de coleta (F ₂)	1	18,40833	18,40833	9964813,56 **
F ₁ x F ₂	4	7,59179	1,89795	1027397,94 **
Resíduo	20	0,00004	0,00000	-
Total	29	48,99610	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.8 – Análise de variância dos açúcares redutores da formulação em pó com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	6	250,58269	41,76378	2260,9010 **
Local de coleta (F ₂)	1	145,78944	145,78944	7892,3766 **
F ₁ x F ₂	6	21,26339	3,54390	191,8505 **
Resíduo	28	0,51722	0,01847	-
Total	41	418,15273	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.9 – Análise de variância do pH da formulação em pó com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	4	0,01835	0,00459	40,4706 **
Local de coleta (F ₂)	1	0,00363	0,00363	32,0294 **
F ₁ x F ₂	4	0,00445	0,00111	9,8235 **
Resíduo	20	0,00227	0,00011	-
Total	29	0,02870	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.10 – Análise de variância do pH da formulação em pó com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	6	0,00116	0,00019	8,1000 **
Local de coleta (F ₂)	1	0,01412	0,01412	592,9000 **
F ₁ x F ₂	6	0,00150	0,00025	10,5000 **
Resíduo	28	0,00067	0,00002	-
Total	41	0,01744	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.11 – Análise de variância das cinzas da formulação em pó com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	4	0,69022	0,17256	4971,3687 **
Local de coleta (F ₂)	1	0,22721	0,22721	6545,9297 **
F ₁ x F ₂	4	0,46710	0,11678	3364,3338 **
Resíduo	20	0,00069	0,00003	-
Total	29	1,38523	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.12 – Análise de variância das cinzas da formulação em pó com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	6	0,65038	0,10840	52,3457 **
Local de coleta (F ₂)	1	0,05769	0,05769	27,8593 **
F ₁ x F ₂	6	1,17295	0,19549	94,4048 **
Resíduo	28	0,05798	0,00207	-
Total	41	1,93900	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.13 – Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da formulação em pó com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	4	325,95019	81,48755	10671,1514**
Local de coleta (F ₂)	1	955,48293	955,4829	125124,68 **
F ₁ x F ₂	4	6,90380	1,72595	226,0208 **
Resíduo	20	0,15272	0,00764	-
Total	29	1288,48964	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.14 – Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da formulação em pó com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	6	2231,30266	371,88378	2469601,57 **
Local de coleta (F ₂)	1	3317,97039	3317,97039	22033940 **
F ₁ x F ₂	6	1430,54546	238,42424	1583325,00 **
Resíduo	28	0,00422	0,00015	-
Total	41	6979,82273	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.15 – Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da formulação em pó com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	4	91,08877	22,77219	539,1085 **
Local de coleta (F ₂)	1	452,50698	452,50698	10712,6425 **
F ₁ x F ₂	4	6,68318	1,67080	39,5544 **
Resíduo	20	0,84481	0,04224	-
Total	29	551,12373	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.16 – Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da formulação em pó com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	6	68,36226	11,39371	343,4071 **
Local de coleta (F ₂)	1	815,93844	815,93844	24592,4284 **
F ₁ x F ₂	6	4,00315	0,66719	20,1092 **
Resíduo	28	0,92900	0,03318	-
Total	41	889,23285	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.17 – Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da formulação em pó com 10% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	4	2,37717	0,59429	707,7086 **
Local de coleta (F ₂)	1	1984,37230	1984,37230	2363070,02 **
F ₁ x F ₂	4	0,04816	0,01204	14,3390 **
Resíduo	20	0,01679	0,00084	-
Total	29	1986,81443	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela C.18 – Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da formulação em pó com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem e no ciclone do secador, durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo de armazenamento (F ₁)	6	66,10088	11,01681	6818,9937 **
Local de coleta (F ₂)	1	2288,88212	2288,88212	1416732,07 **
F ₁ x F ₂	6	27,62620	4,60437	2849,9300 **
Resíduo	28	0,04524	0,00162	-
Total	41	2382,65443	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

APÊNDICE D

Tabela D.1 – Valores estimados pelo modelo de Oswin, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem, e erros percentuais

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)	Erro percentual (%)
	Valor estimado	
0,093	4,15	33,03
0,231	6,99	9,00
0,331	8,91	25,35
0,544	13,68	8,14
0,591	15,04	18,56
0,699	18,93	8,32
0,755	21,71	1,32
0,813	25,73	5,74
0,851	29,36	1,43
0,880	33,15	0,09

Tabela D.2 – Valores estimados pelo modelo de Oswin, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada no ciclone, e erros percentuais

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)	Erro percentual (%)
	Valor estimado	
0,093	5,22	23,89
0,231	8,19	0,20
0,331	10,10	4,94
0,544	14,61	17,31
0,591	15,86	2,60
0,699	19,34	9,61
0,755	21,76	0,99
0,813	25,19	2,52
0,851	28,23	4,79
0,880	31,35	2,68

Tabela D.3 – Valores estimados pelo modelo de GAB, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem, e erros percentuais

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)	Erro percentual (%)
	Valor estimado	
0,093	6,12	1,06
0,231	7,91	23,26
0,331	9,15	23,32
0,544	12,97	2,52
0,591	14,24	12,25
0,699	18,20	4,13
0,755	21,23	0,94
0,813	25,71	5,81
0,851	29,72	0,20
0,880	33,75	1,93

Tabela D.4 – Valores estimados pelo modelo de GAB, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada no ciclone, e erros percentuais

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)	Erro percentual (%)
	Valor estimado	
0,093	6,34	7,65
0,231	8,68	5,77
0,331	10,12	5,17
0,544	14,11	13,25
0,591	15,35	0,66
0,699	19,05	10,97
0,755	21,70	0,69
0,813	25,39	3,30
0,851	28,47	3,97
0,880	31,38	2,80

Tabela D.5 – Valores estimados pelo modelo de Peleg, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada na câmara de secagem, e erros percentuais

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)	Erro percentual (%)
	Valor estimado	
0,093	5,98	3,39
0,231	8,28	29,04
0,331	9,48	20,54
0,544	12,62	0,20
0,591	13,80	8,81
0,699	17,93	2,57
0,755	21,26	0,78
0,813	26,05	4,55
0,851	30,00	0,72
0,880	33,57	1,38

Tabela D.6 – Valores estimados pelo modelo de Peleg, da umidade de equilíbrio, a 20 °C, da formulação em pó produzida com 15% de maltodextrina, coletada no ciclone, e erros percentuais

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)	Erro percentual (%)
	Valor estimado	
0,093	6,90	0,62
0,231	8,21	0,03
0,331	9,31	3,23
0,544	13,63	9,38
0,591	15,14	2,03
0,699	19,54	8,70
0,755	22,42	4,02
0,813	25,96	5,63
0,851	28,53	3,77
0,880	30,67	0,46