



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

SECAGEM POR ASPERSÃO DA POLPA DO MANDACARU

ARALI DA SILVA OLIVEIRA

Campina Grande
Paraíba



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



DISSERTAÇÃO

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

SECAGEM POR ASPERSÃO DA POLPA DO MANDACARU

ARALI DA SILVA OLIVEIRA

Campina Grande – PB

Fevereiro – 2012

SECAGEM POR ASPERSÃO DA POLPA DO MANDACARU

ARALI DA SILVA OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a 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 - PB

Fevereiro – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

O48s Oliveira, Arali da Silva.
 Secagem por aspersão da polpa do mandacaru / Arali da Silva Oliveira.-
 2013.
 200 f. : il. color.

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

"Orientação: Profª. Drª. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, Prof. Dr.
Alexandre José de Melo Queiroz".

Referências.

1. *Cereus Jamacaru* P. DC. 2. Secagem por Aspersão. 3. Dextrose
Equivalente. 4. Maltodextrina. 5. Reologia. 6. Isotermas. I. Figueirêdo,
Rossana Maria Feitosa de. II. Queiroz, Alexandre José de. III. Título.

CDU 634.775 (043)

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

ARALI DA SILVA OLIVEIRA

SECAGEM POR ASPERSÃO DA POLPA DO FRUTO DO MANDACARU

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Rossana M^a F. de Figueirêdo
Dr.^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Orientadora (UAEA/CTRN/UFCG)

Aprovada

Alexandre J M Queiroz
Dr. Alexandre José de Melo Queiroz
Orientador (UAEA/CTRN/UFCG)

APROVADA

Hofsky Vieira Alexandre
Dr.^a Hofsky Vieira Alexandre
Examinadora (UNIT)

APROVADA

Josivanda P. Gomes
Dr.^a Josivanda Palmeira Gomes
Examinadora (UAEA/CTRN/UFCG)

Aprovada

FEVEREIRO - 2012

DEDICATÓRIA

A meus pais, Teresa e Argemiro, e meu irmão, Júnior, por estarem sempre ao meu lado me apoiando e acreditando no meu potencial até quando sou descrente comigo mesma.

Muito Obrigada!

AGRADECIMENTOS

A Deus, que além da vida me fortalece todos os dias, para ultrapassar os obstáculos e acreditar que posso vencê-los.

A meus pais, Teresa e Argemiro, que estiveram ao meu lado durante todo o tempo preocupando-se, confiando e me apoiando nos momentos de fragilidade, com paciência.

A meus irmãos: Aracélio, principalmente a Júnior, por ter contribuído para a realização deste trabalho indo em busca da matéria-prima comigo, assim como ao meu colega Marcondes.

A minha tia Maria participante ativa de toda a minha trajetória estudantil.

A Louize, amiga de infância, que sempre me acompanha nos bons e maus momentos.

A todos os meus amigos e colegas de curso com os quais dividi derrotas e vitórias, especialmente Rayane, Mary Karla, Juliana, Dyego e Emanuel.

Aos meus orientadores: professora Rossana e professor Alexandre, pela atenção, dedicação, paciência, sugestões e colaboração na realização deste estudo.

A todos os professores que aceitaram fazer parte da banca examinadora da dissertação, pela disponibilidade e sugestões.

A todos os professores do curso com os quais adquiri maiores experiências para minha formação acadêmica.

A Karla Melo e Plúvia pela disponibilidade em tirar minhas dúvidas e me ensinarem a manusear no secador por aspersão.

A Paulinho, também, pelo auxílio com o secador.

À Corn Products Brasil, pela doação da maltodextrina.

Ao Laboratório de Caracterização de Materiais, em especial ao de Microscopia, da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, no qual foram realizadas as análises de morfologia das microestruturas.

À Indústria Felinto, pelo fornecimento das embalagens.

À Coordenação da Pós-Graduação de Engenharia Agrícola, meus agradecimentos.

À Universidade Federal de Campina Grande, por fazer parte de mais uma realização profissional.

Aos funcionários, em especial aos da biblioteca, Secretaria de pós-graduação, a Silas e dona Salomé que, indiretamente, contribuíram com a realização deste trabalho.

Aqueles que também em mim não acreditaram, pois me desafiaram a vencer com mais vontade.

A todos muito obrigada.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELA	xi
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xviii
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – Objetivo geral	3
1.2 – Objetivos específicos	3
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 – Mandacaru	4
2.2 – Secagem	7
2.2.1 – Secagem por aspersão	9
2.3 – Aditivos	12
2.3.1 – Maltodextrina	13
2.4 – Reologia	16
2.4.1 – Fluidos Newtonianos	18
2.4.2 – Fluidos não-Newtonianos	19
2.4.2.1 – Fluidos pseudoplásticos	19
2.4.2.2 – Fluidos dilatantes	20
2.4.2.3 – Fluidos de Bingham	21
2.4.2.4 – Fluidos tixotrópicos	21
2.4.2.5 – Fluidos reopéticos	21
2.4.2.6 – Fluidos viscoelásticos	22
2.4.3 – Modelos reológicos	22
2.5 – Armazenamento	23
2.6 – Isoterma de adsorção de água	25
3 – MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 – Local de realização.....	29
3.2 – Matérias-primas	29
3.2.1 – Fruto do mandacaru	29
3.2.2 – Aditivo	29
3.3 – Obtenção da polpa do fruto mandacaru	29

3.4 – Caracterização química, física e físico-química da polpa do fruto de mandacaru	31
3.4.1 – pH	31
3.4.2 - Sólidos solúveis totais (°Brix)	31
3.4.3 - Ácido ascórbico	32
3.4.4 - Sólidos totais/Teor de água	32
3.4.5 – Acidez total titulável	32
3.4.6 – Açúcares totais, redutores e não redutores	32
3.4.7 – Cinzas	32
3.4.8 – Cor	32
3.4.9 – Atividade de água	33
3.4.10 – Sólidos insolúveis	33
3.4.11 – Fibra bruta	33
3.4.12 – Massa específica	33
3.5 – Comportamento reológico	33
3.6 – Caracterização química, física e físico-química das formulações	35
3.6.1 – Análises dos dados	35
3.7 – Secagem por aspersão	36
3.8 – Caracterização química, física e físico-química das amostras em pó.....	36
3.9 – Avaliação das propriedades físicas das amostras em pó	36
3.9.1 – Morfologia das microestruturas	37
3.9.2 – Solubilidade	37
3.9.3 – Molhabilidade	37
3.9.4 – Tempo de reconstituição	37
3.10 – Análise estatística das amostras em pó	37
3.11 – Armazenamento do mandacaru em pó	38
3.11.1 – Análise dos dados do armazenamento	38
3.12 – Isotermas de adsorção de água	39
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 – Polpa do fruto do mandacaru integral	41
4.1.1 – Caracterização química, física e físico-química	41
4.1.2 – Comportamento reológico	44
4.2 – Formulações	47

4.2.1 – Caracterização química, física e fisico-química	47
4.2.2 – Comportamento reológico	52
4.3 – Secagem por aspersão	60
4.4 – Polpa do mandacaru em pó	61
4.4.1 – Caracterização química, física e fisico-química	61
4.4.1.1 – pH	61
4.4.1.2 – Sólidos solúveis totais	62
4.4.1.3 – Ácido ascórbico	63
4.4.1.4 – Sólidos totais	64
4.4.1.5 – Teor de água	65
4.4.1.6 – Acidez total titulável	67
4.4.1.7 – Açúcares totais	69
4.4.1.8 – Açúcares redutores	70
4.4.1.9 – Açúcares não redutores	71
4.4.1.10 – Cinzas	72
4.4.1.11 – Luminosidade (L*)	74
4.4.1.12 – Intensidade de vermelho (+a)	75
4.4.1.13 – Intensidade de amarelo (+b)	76
4.4.1.14 – Atividade de água (a _w)	77
4.4.2 – Morfologia das microestruturas	79
4.4.3 – Solubilidade	83
4.4.4 – Molhabilidade	84
4.4.5 – Tempo de reconstituição	86
4.5 – Armazenamento da polpa do fruto do mandacaru em pó	87
4.5.1 – Teor de água	87
4.5.2 – Atividade de água	90
4.5.3 – pH	92
4.5.4 – Ácido ascórbico	94
4.5.5 – Acidez total titulável	96
4.5.6 – Luminosidade (L*)	98
4.5.7 – Intensidade de vermelho (+a)	101
4.5.8 – Intensidade de amarelo (+b)	103
4.5.9 – Molhabilidade	105

4.6 – Isotermas de adsorção de água	108
5 – CONCLUSÕES	115
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
APÊNDICE A	155
APÊNDICE B	158
APÊNDICE C	169
APÊNDICE D	178
APÊNDICE E	192

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 –	Mandacaru	5
Figura 2.2 –	Fruto do mandacaru	5
Figura 2.3 –	Reogramas típicos de vários tipos de fluido com comportamento reológico independente do tempo	21
Figura 2.4 –	Classificação das isotermas	27
Figura 2.5 –	Formas básicas da isoterma de sorção	27
Figura 3.1 –	Fluxograma das etapas para obtenção da polpa integral do fruto do mandacaru	30
Figura 3.2 –	Polpa integral do fruto de mandacaru sem semente	31
Figura 4.1 –	Viscosidade aparente (mPa s) da polpa integral do fruto do mandacaru em função da velocidade de rotação (rpm) na temperatura de 10 °C	45
Figura 4.2 –	Relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação da polpa do fruto do mandacaru integral com ajuste pelo modelo Herschel-Bulkley	47
Figura 4.3 –	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa do mandacaru formulada em três concentrações de maltodextrina na DE = 10, a 10 °C, com ajustes com o modelo Heschel-Bulkley	59
Figura 4.4 –	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa do mandacaru formulada em três concentrações de maltodextrina na DE = 14, a 10 °C, com ajustes com o modelo Heschel-Bulkley	59
Figura 4.5 –	Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina (DE = 10)	80
Figura 4.6 –	Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 15% de maltodextrina (DE = 10)	81
Figura 4.7 –	Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 20% de maltodextrina (DE = 10)	81
Figura 4.8 –	Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina (DE = 14)	82

Figura 4.9 –	Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 15% de maltodextrina (DE = 14)	82
Figura 4.10 –	Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 20% de maltodextrina (DE = 14)	83
Figura 4.11 –	Isotermas de adsorção de água da polpa do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina (DE = 10), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de Peleg	111
Figura 4.12 –	Isotermas de adsorção de água da polpa do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina (DE = 14), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas com o modelo de Peleg	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Caracterização química, física e físico-química da polpa do fruto de mandacaru de acordo com MELO (2008)	6
Tabela 4.1 -	Caracterização química, física e físico-química da polpa do fruto de mandacaru	41
Tabela 4.2 -	Parâmetros dos modelos reológicos, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral do fruto do mandacaru a 10 °C	45
Tabela 4.3 -	Caracterização química, física e físico-química das diferentes formulações elaboradas com a polpa do fruto de mandacaru adicionada com maltodextrina (DE = 10 e DE = 14) em diferentes concentrações (10, 15 e 20%)	49
Tabela 4.4 -	Valores experimentais médios da viscosidade aparente (mPa s), a 10 °C, das polpas formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina nas DE = 10 e DE = 14, em função da velocidade de rotação (rpm)	53
Tabela 4.5 -	Equações de regressão decorrentes dos cálculos das viscosidades aparentes, a 10 °C, em função da velocidade de rotação	55
Tabela 4.6 -	Parâmetros dos modelos reológicos, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa do mandacaru com maltodextrina (DE = 10 e 14) à 10 °C	57
Tabela 4.7 -	Valores médios dos rendimentos obtidos da secagem por aspersão do mandacaru em pó com diferentes concentrações (10, 15 e 20%), e dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14)	60
Tabela 4.8 -	Valores médios do pH da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	61
Tabela 4.9 -	Valores médios do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	62
Tabela 4.10 -	Valores médios de ácido ascórbico (mg/100 g) na polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	63

Tabela 4.11 –	Valores médios do teor de sólidos totais (%) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	65
Tabela 4.12 –	Valores médios do teor de água (% bu) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	66
Tabela 4.13 –	Valores médios de acidez total titulável (% ácido cítrico) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	68
Tabela 4.14 –	Valores médios dos açúcares totais (% glicose) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	70
Tabela 4.15 –	Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	71
Tabela 4.16 –	Valores médios dos açúcares não redutores (% sacarose) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	72
Tabela 4.17 –	Valores médios do teor de cinzas (%) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	73
Tabela 4.18 –	Valores médios da luminosidade (L*) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	74
Tabela 4.19 –	Valores médios da intensidade de vermelho (+a) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	76
Tabela 4.20 –	Valores médios da intensidade de amarelo (+b) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	77
Tabela 4.21 –	Valores médios da atividade de água (a_w) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	78

Tabela 4.22 –	Valores médios da solubilidade (min) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	84
Tabela 4.23 –	Valores médios da molhabilidade (g/min) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	85
Tabela 4.24 –	Valores médios do tempo de reconstituição (min) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)	87
Tabela 4.25 –	Valores médios do teor de água da polpa do fruto de mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento.....	88
Tabela 4.26 –	Equações de regressões para o teor de água para a polpa do fruto de mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento	89
Tabela 4.27 –	Valores médios da atividade de água da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento	91
Tabela 4.28 –	Equações de regressões para a atividade de água da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento	92
Tabela 4.29 –	Valores médios do pH da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento	93
Tabela 4.30 –	Equações de regressões para o pH da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento	94
Tabela 4.31 –	Valores médios do ácido ascórbico da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento	95

Tabela 4.32 -	Equações de regressões para o ácido ascórbico da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento	96
Tabela 4.33 -	Valores médios da acidez total titulável da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento.....	97
Tabela 4.34 -	Equações de regressões para a acidez total titulável da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento	98
Tabela 4.35 -	Valores médios da luminosidade da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento	99
Tabela 4.36 -	Equações de regressões para a luminosidade da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento	100
Tabela 4.37 -	Valores médios da intensidade de vermelho da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento.....	102
Tabela 4.38 -	Equações de regressões para a intensidade de vermelho da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento	103
Tabela 4.39 -	Valores médios da intensidade de amarelo da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento	104
Tabela 4.40 -	Equações de regressões para a intensidade de amarelo da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento	105

Tabela 4.41 -	Valores médios da molhabilidade da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento	106
Tabela 4.42 -	Equações de regressões para a intensidade de amarelo da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento	108
Tabela 4.43 -	Parâmetros de ajustes dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina (DE = 10), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.....	109
Tabela 4.44 -	Parâmetros de ajustes dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção do mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina (DE = 14), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C	112



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



Dissertação de Mestrado: **Secagem por aspersão da polpa do mandacaru**

Autora: **Arali da Silva Oliveira**

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

Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi obter um produto em pó a partir da polpa do fruto do mandacaru, através da secagem por aspersão, avaliá-lo após a desidratação e monitorá-lo durante 50 dias de armazenamento em condições controladas de umidade relativa (57,7%) e na temperatura de 25 °C, em diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14), na concentração de 10% de maltodextrina. Foram realizadas secagens por aspersão para selecionar as melhores formulações elaboradas com a polpa e diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) com diferentes dextroses equivalentes, DE = 10 e DE = 14, com temperatura do ar de secagem de 170 °C, bico pneumático de 1,2 mm, vazão da bomba peristáltica de 0,5 L/h e vazão do ar comprimido de 0,3 L/min; em seguida, estudou-se o comportamento reológico da polpa e das formulações, na temperatura de 10 °C e se ajustaram os modelos de Ostwald-de-Waelle, Herschel-Bulkley e Casson aos dados experimentais. A polpa do fruto do mandacaru, suas formulações e as amostras em pó obtidas após a secagem, foram caracterizadas química, física e físico-quimicamente, através da análise do pH, sólidos solúveis, ácido ascórbico, sólidos totais, teor de água, acidez total titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, cinzas, cor (luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo) e atividade de água e massa específica para a polpa e formulações, objetivando analisar a influência das dextroses equivalentes e suas correspondentes concentrações. Também foram avaliadas as propriedades ligadas à instantaneidade do produto em pó e se apontaram possíveis diferenças entre os aditivos e as concentrações empregadas por meio da solubilidade, molhabilidade e tempo de reconstituição. Determinaram-se as isotermas de

adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C nos produtos em pó formulados com 10% de maltodextrina, nas DE = 10 e DE = 14; todas as amostras foram ajustadas aos modelos de GAB, Peleg e Oswin. A polpa do fruto do mandacaru foi considerada ácida embora com baixo conteúdo de ácido ascórbico, de caráter pseudoplástico, cujo modelo de Herschel-Bulkley demonstrou ser o melhor para predizer os dados experimentais. As formulações não só apresentaram o mesmo comportamento reológico, pseudoplástico, mas também consideraram o modelo de Herschel-Bulkley o mais ajustável aos dados experimentais; todavia, as adições de diferentes concentrações de maltodextrina e distintas dextroses equivalentes modificaram as características iniciais da polpa integral. As amostras em pó com DE = 10 e da DE = 14 apontaram características similares. Durante o armazenamento as diferenças foram mais acentuadas na DE = 14, embora as embalagens flexíveis laminadas não evitassem o aumento no teor de água e da intensidade de amarelo nem diminuição do ácido ascórbico, nas duas DEs. As isotermas de adsorção de água das amostras a 10% de maltodextrina foram classificadas como tipo II, nas temperaturas de 30 e 40 °C, e tipo III, para a temperatura 20 °C; quanto ao modelo de melhor ajuste aos dados experimentais, o de Peleg expressou maior compatibilidade.

Palavras-chave: *Cereus jamacaru* P. DC, secagem por aspersão, dextrose equivalente, maltodextrina, pó, reologia, isotermas



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



Master's dissertation: **Spray drying of *mandacaru* pulp**

Author: **Arali da Silva Oliveira**

Advisors: **Prof^ª. Dr^ª. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

ABSTRACT

The aim of this study was to obtain a product in powder form from *mandacaru* fruit pulp, using spray dryer, assess it and monitor it during 50 days of storage under controlled conditions of relative humidity (57.7%) and temperature (25 °C), at different dextrose equivalent values (DE = 10 and DE = 14), and concentration of 10% maltodextrin. Spray drying was conducted to select the best formulations prepared with the pulp and different concentrations of maltodextrin (10, 15 and 20%) and dextrose equivalent values (DE = 10 and 14), at drying temperature of 170 °C, pneumatic nipple (1.2 mm), peristaltic pump flow rate of 0.5 L/h and compressed air flow rate of 0.3 L/min. The rheological behavior of the pulp and formulations was then analyzed, in the temperature of 10 °C, and the Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley and Casson were fit to experimental data. *Mandacaru* fruit pulp, its formulations and the pulp samples obtained after drying were submitted to chemical, physical and physicochemical characterization, using analysis of pH, soluble solids, ascorbic acid, total solids, moisture content, total titratable acidity, total sugars (reducing and non-reducing), ashes, color (luminosity, redness and yellowness) and water activity and density for the pulp and formulations, in order to determine the influence of dextrose equivalent values and their corresponding concentrations. Properties related to the instantaneity of the powder product were also assessed, indicating possible differences between the additives and concentrations used in terms of solubility, wettability and reconstitution time. Moisture adsorption isotherms were determined in the temperatures of 20, 30 and 40 °C in the powder products prepared with 10% maltodextrin, and DE of 10 and 14; all the samples were fit to the GAB, Peleg and

Oswin models. The *mandacaru* fruit pulp was considered acidic, with low ascorbic acid content, and pseudoplastic behavior, where the Herschel-Bulkley model proved to be better at predicting the experimental data. The formulations exhibited the same rheological and pseudoplastic behavior; however, the addition of different concentrations of maltodextrin and different dextrose equivalent values modified the initial characteristics of the whole pulp. Pulp samples with DE of 10 and 14 displayed similar traits. During storage the differences were more marked at DE = 14, even though the flexible laminated packaging did not prevent an increase in moisture content and yellowness or a decrease in ascorbic acid, at the two DE values. The moisture adsorption isotherms of the 10% maltodextrin samples were classified as type II, in the temperatures of 30 and 40 °C, and type III, in the temperature of 20 °C, while the Peleg model best fit the experimental data.

Keywords: *Cereus jamacaru* P. DC, spray drying, dextrose equivalent, maltodextrin, powder, rheology, isotherms

1 – INTRODUÇÃO

A Vegetação Caducifolia Espinhosa recobre a maior parte do semiárido, vulgarmente chamada caatinga, e é bastante diversificada em função de diferenciações climáticas e morfopedológicas (ALCOFORADO-FILHO et al., 2003). A caatinga abrange 54% da região Nordeste e 11% do território brasileiro constituindo o chamado Polígono das Secas. Estende-se pelos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (ALVES et al., 2009).

A caatinga como sendo um termo fitogeográfico genérico designando o conjunto de todos os tipos de vegetação que recobrem a região semiárida do Nordeste brasileiro, caracteriza-se pela caducidade das folhas durante a estação seca e presença frequente ou abundante de arbustos espinhentos e de grandes cactáceas.

De acordo com ANDRADE et al. (2006) as cactáceas possuem múltiplos usos, tais como: remédios; alimentação humana; alimentação de animais; ornamentação de praças e jardins, como cercas vivas; feitura de portas, janelas, ripas e caibros; enchimento de selas e almofadas e pintura de casas. Contudo, o consumo de cactáceas como alimento humano se encontra pouco difundido pela população brasileira, sendo seu consumo limitado apenas aos consumidores de gastronomia exótica ou, algumas vezes, pela população de baixa renda (SILVA et al., 2005a).

TAYLOR & ZAPPI (2002) afirmaram que na distribuição das espécies de cactáceas na caatinga, o mandacaru é uma das espécies predominante desse tipo de vegetação mas que também ocorre em outros tipos de ambiente. Esta região tem, como um dos símbolos, o mandacaru, um cacto colunar cujos frutos são muito apreciados na alimentação humana e as hastes são utilizadas para alimentação do gado (ARAGÃO et al., 2000).

O fruto do mandacaru é perecível, frágil, com vida útil curta, representando um obstáculo para sua comercialização *in natura*. Recomenda-se que seja submetido a um processamento para que possa atingir mercados consumidores mais distantes e fornecer o fruto e/ou seus produtos o ano todo. O processamento, além de agregar valor ao produto, aumenta sua vida útil, pode facilitar o transporte e o desenvolvimento de novos produtos. Uma das alternativas a ser empregadas na conservação dos frutos do mandacaru é a secagem ou desidratação.

A secagem é um dos processos disponíveis para a aplicação na indústria de polpa de frutas, a qual concentra os princípios da matéria-prima e habilita o produto para o

armazenamento em condições ambientais por longos períodos, por restringir o crescimento microbiano e outras reações no produto (GOMES et al., 2004).

Além disso, a secagem contribui contra os índices de perdas pós-colheita que refletem negativamente na economia de algumas regiões do Brasil, em razão de que cerca de 50% da produção de frutos tropicais não são aproveitados (ARAÚJO & SILVA, 1995).

Uma das opções para o aproveitamento da polpa do fruto do mandacaru é através da secagem por aspersão (*spray drying*), uma operação unitária através da qual uma solução ou emulsão é pulverizada numa corrente de gás quente para, instantaneamente, obter um pó. Habitualmente, o gás é o ar e o líquido de alimentação pode ser uma solução, uma emulsão ou uma suspensão. Dependendo do material utilizado na alimentação e das condições da operação, a produção do pó pode atingir dimensões desde muito finas (10-50 μm) a partículas de grande dimensão (2-3 mm) (MARTÍNEZ et al., 2004).

A secagem por aspersão, quando comparada com outros processos de secagem como a liofilização que apresenta custos de investimento e operacional muitas vezes maior, é sempre preferida caso não haja implicações de qualidade no produto secado e na produtividade; já a secagem em leito fluidizado é mais empregada para revestimento e granulação e pode ser utilizada concomitantemente com a secagem por aspersão (ROSA et al., 2011).

Apesar das garantias propostas pela secagem, é através do armazenamento que se pode determinar e compreender as alterações nas propriedades químicas, físicas e físico-químicas relacionadas à absorção de água (RONKART et al., 2006).

Para isto, em produtos alimentícios armazenados o tipo de embalagem empregada influencia as reações metabólicas diminuindo seu ritmo por meio da modificação do microclima criado em seu interior e constitui uma barreira que impede ou dificulta o contato entre o ambiente externo e o produto (GARCIA et al., 1989).

1.1 - Objetivo geral

Estudar a transformação da polpa do fruto do mandacaru em um produto em pó, através da secagem por aspersão (*spray drying*) e determinar as propriedades químicas, físicas, fisico-químicas das amostras, antes e durante o armazenamento.

1.2 - Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa do fruto do mandacaru integral quanto aos parâmetros químicos, físicos e fisico-químicos, tais como: pH, sólidos solúveis totais (°Brix), ácido ascórbico, sólidos totais, teor de água, acidez total titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, cinzas, cor, atividade de água, sólidos insolúveis, fibra bruta e massa específica.

- Elaborar formulações (soluções), para a secagem por aspersão, com a polpa do fruto do mandacaru contendo diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e com diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14) e determinar as características químicas, físicas e fisico-químicas;

- Determinar o comportamento reológico da polpa integral e das amostras formuladas (soluções);

- Avaliar as características químicas, físicas e fisico-químicas dos pós obtidos após a secagem por aspersão das soluções elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14);

- Avaliar a morfologia dos pós e as propriedades de instantaneidade do pó alimentício: solubilidade, molhabilidade e tempo de reconstituição;

- Avaliar o comportamento das amostras em pó produzidas com 10% de maltodextrina (DE = 10 e DE = 14), durante 50 dias de armazenamento, acondicionadas em embalagens laminadas em condições controladas (temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%);

- Determinar as isotermas de adsorção de água das amostras em pó, produzidas com 10% de maltodextrina (DE = 10 e DE = 14), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Mandacaru

A origem do termo caatinga vem do tupi-guarani, CAA = mata e TINGA = branca, mata branca, o que caracteriza a paisagem no período de estiagem quando a vegetação perde as folhas e fica com aspecto seco e sem vida (ALVES, 2007).

ALBURQUERQUE (2001) reporta que em secas prolongadas não são as cactáceas e as bromeliáceas que morrem e, sim, os arbustos, em grande escala, e as árvores, em menor escala. Em determinadas regiões do semiárido nordestino as cactáceas, ao lado de poucas alternativas alimentares, são utilizadas como alimentos estratégicos nas épocas de seca prolongada na caatinga (LIMA & SIDERSKY, 2002).

O Nordeste brasileiro se destaca como grande produtor de frutos tropicais nativos e cultivados, em virtude das condições climáticas prevaletentes. A fruticultura se constitui, nesta região, constitui-se em atividade econômica bastante promissora devido ao sabor e aroma exótico de seus frutos e à sua enorme diversificação (NORONHA et al., 2000).

Neste contexto, o mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC) cresce em diversos solos, piçarrentos e pedregosos, pouco profundos, suportando longos períodos de secas cuja frutificação ocorre em especial em baixa pluviosidade. Encontra-se nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais. É invasor de áreas úmidas e já foi encontrado em Santa Catarina e em São Paulo. É também conhecido como mandacaru-de-boi, manacaru, nhamandacaru, cardeiro, cardeiro-rajado, arumbeva e tuna. Do tupi “inhamandaka-ru” – feixe de espinhos ou espinheiro (SCHEINVAR, 1985).

A cultura do mandacaru se apresenta de forma extensiva e não se encontram, na literatura, dados estatísticos de sua produção anual. O mandacaru é uma cactácea cuja altura varia de 3,75 a 6,54 m, com seu tronco de caule principal desenvolvendo brotações laterais com número médio de 13,5 por planta, dotado de espinhos (Figura 2.1), extremamente rústico, cresce em catingueiras arbóreas e em locais quase desprovidos de solos e se multiplica regularmente, cobrindo extensas áreas da caatinga, sendo usado na alimentação de ruminantes nos longos períodos de seca (CAVALCANTI & RESENDE, 2006; LIMA, 1996).



Figura 2.1 - Mandacaru (Fonte: FÉLIX, 2009)

Os frutos do mandacaru (Figura 2.2) podem atingir cerca de 12 centímetros de diâmetro, carnosos, constituindo-se em uma baga elipsoidal que, quando madura, apresenta casca na cor vermelho vivo, lembrando a cor do jambo de variedades mais escuras. Tem polpa branca com inúmeras sementes pretas as quais se assemelham, em tamanho, às sementes de kiwi e são igualmente crocantes, doces e comestíveis. A polpa se desprende inteira da casca após o corte, tem aroma e sabor delicados e peculiares e embora se constitua em uma riqueza potencial para regiões secas não tem exploração comercial sendo, quando muito, utilizada para elaboração de doces e geleias (OLIVEIRA et al., 2004; RIZZINI & MORS, 1995; ROCHA & AGRA, 2002; PIMENTEL GOMES, 2007).

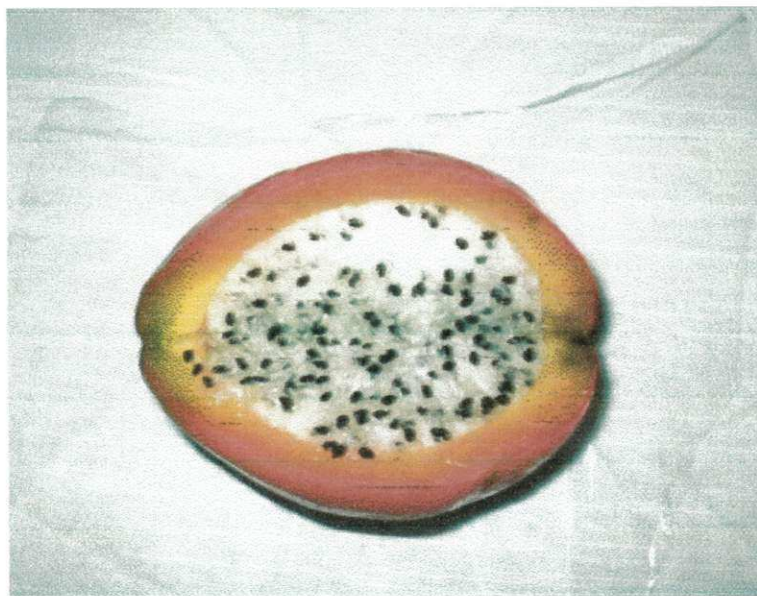


Figura 2.2 - Fruto do mandacaru

CAVALCANTI & RESENDE (2004) registraram, avaliando a utilização das plantas nativas da caatinga pelos pequenos agropecuaristas para alimentação dos animais na seca em cinco comunidades da Bahia e de Pernambuco, que o mandacaru é utilizado por 46,52% dos agropecuaristas enquanto o xiquexique (*Pilosocereus gounollei*) o é por 10,51%, a coroa-de-frade (*Melocactus zehntneri*) por 6,96% e o facheiro (*Cereus squamosus*) por 12,28%.

Na Tabela 2.1 tem-se a caracterização química, física e fisico-química da polpa do fruto de mandacaru.

Tabela 2.1 - Caracterização química, física e fisico-química da polpa do fruto de mandacaru

Parâmetro	Média ± desvio padrão
pH	4,36±0,01
Sólidos solúveis totais (°Brix)	10,69±0,14
Ácido ascórbico (mg/100 g)	4,2804±0,0671
Sólidos Totais (%)	9,29±0,06
Teor de água (% b.u)	90,71±0,06
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,2236±0,0016
Açúcares redutores (% glicose)	10,88±0,36
Pectina (% de pectato de cálcio)	0,28±0,01
Cinzas (%)	0,3305±0,0172
Luminosidade (L*)	33,06±0,05
Intensidade de vermelho (+a*)	0,54±0,07
Intensidade de amarelo (+b*)	1,77±0,07
Atividade de água (a _w)	0,996±0,002
Proteína (%)	0,21±0,0034
Massa específica (kg/m ³)	1.034,14±0,30

Fonte: MELO (2008)

Os frutos servem de alimento para pássaros e animais silvestres da caatinga (CAVALCANTI & RESENDE, 2007) e, à semelhança de outras cactáceas, podem ser utilizados na alimentação humana (SALEMA, 1966; ALBUQUERQUE & ANDRADE, 2002; SILVA et al., 2005d).

Na forma de infusão ou decocto a raiz do mandacaru é utilizada no tratamento de distúrbios renais, digestivos, respiratórios e hepáticos (AGRA et al., 2007). As cascas do caule, raspadas e curtidas em água, também são utilizadas para distúrbios renais (ALBUQUERQUE & ANDRADE, 2002) e no controle do colesterol alto (MAGALHÃES, 2006), enquanto a polpa do caule, misturada ao açúcar, é usada no tratamento de úlceras estomáquicas (AGRA et al., 2007). Outras indicações populares para o uso da casca e do caule do mandacaru são para o combate à sífilis, e doenças vertebrais (ANDRADE et al., 2006a, b), como laxativo (MOTTA, 2003), como antiescorbútico, vermífugo, cicatrizante, antitumoral de origem glandular, cardiotônico (CORREA, 1969), febrífugo (LIMA, 1996) e como anti-inflamatório (GOMES, 1972). As sementes do fruto do mandacaru constituem uma fonte significativa de carboidratos e proteínas, com teores nutricionalmente interessantes para alimentação humana e animal (COELHO et al., 2004).

Apesar dos inúmeros benefícios populares citados, ocorrem grandes desperdícios dos frutos em sua safra (fevereiro a setembro). De acordo com EL-AOUAR & MURR (2003) as perdas de frutas em países em desenvolvimento giram em torno de 10% a 40% o que justificaria a utilização de processos capazes de conservar tais produtos por um tempo maior.

Alguns autores lançaram propostas biotecnológicas para minimizar as perdas e reduzir o desperdício do fruto do mandacaru, através de um aproveitamento racional, uma vez que não se encontram, na literatura, estudos com esse propósito, tais como ALMEIDA et al. (2006) que demonstraram, utilizando o fruto do mandacaru para elaboração de fermentados, que os vinhos produzidos se encontraram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira para fermentados de fruta; e MELO (2008) que, ao realizar a secagem camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru observou, ao caracterizar físico-química e química, que o pó produzido manteve as propriedades organolépticas estáveis e concentradas.

2.2 – Secagem

A secagem é uma das operações unitárias mais relevantes e desafiadoras no processamento de alimentos, na qual a água é removida para inibir o crescimento de micro-organismos e evitar a ocorrência de reações químicas (CÁNOVAS & MERCADO, 1996).

Várias são as vantagens em se utilizar um processo de secagem, desde a facilidade na conservação do produto até a estabilidade dos componentes aromáticos a temperatura ambiente, durante longo tempo. Outras vantagens são a proteção contra a degradação enzimática e oxidativa, redução do seu peso, dispensa de refrigeração durante o transporte e

Na forma de infuso ou decocto a raiz do mandacaru é utilizada no tratamento de distúrbios renais, digestivos, respiratórios e hepáticos (AGRA et al., 2007). As cascas do caule, raspadas e curtidas em água, também são utilizadas para distúrbios renais (ALBUQUERQUE & ANDRADE, 2002) e no controle do colesterol alto (MAGALHÃES, 2006), enquanto a polpa do caule, misturada ao açúcar, é usada no tratamento de úlceras estomáquicas (AGRA et al., 2007). Outras indicações populares para o uso da casca e do caule do mandacaru são para o combate à sífilis, e doenças vertebrais (ANDRADE et al., 2006a, b), como laxativo (MOTTA, 2003), como antiescorbútico, vermífugo, cicatrizante, antitumoral de origem glandular, cardiotônico (CORREA, 1969), febrífugo (LIMA, 1996) e como anti-inflamatório (GOMES, 1972). As sementes do fruto do mandacaru constituem uma fonte significativa de carboidratos e proteínas, com teores nutricionalmente interessantes para alimentação humana e animal (COELHO et al., 2004).

Apesar dos inúmeros benefícios populares citados, ocorrem grandes desperdícios dos frutos em sua safra (fevereiro a setembro). De acordo com EL-AOUAR & MURR (2003) as perdas de frutas em países em desenvolvimento giram em torno de 10% a 40% o que justificaria a utilização de processos capazes de conservar tais produtos por um tempo maior.

Alguns autores lançaram propostas biotecnológicas para minimizar as perdas e reduzir o desperdício do fruto do mandacaru, através de um aproveitamento racional, uma vez que não se encontram, na literatura, estudos com esse propósito, tais como ALMEIDA et al. (2006) que demonstraram, utilizando o fruto do mandacaru para elaboração de fermentados, que os vinhos produzidos se encontraram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira para fermentados de fruta; e MELO (2008) que, ao realizar a secagem camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru observou, ao caracterizar físico-química e química, que o pó produzido manteve as propriedades organolépticas estáveis e concentradas.

2.2 – Secagem

A secagem é uma das operações unitárias mais relevantes e desafiadoras no processamento de alimentos, na qual a água é removida para inibir o crescimento de micro-organismos e evitar a ocorrência de reações químicas (CÁNOVAS & MERCADO, 1996).

Várias são as vantagens em se utilizar um processo de secagem, desde a facilidade na conservação do produto até a estabilidade dos componentes aromáticos a temperatura ambiente, durante longo tempo. Outras vantagens são a proteção contra a degradação enzimática e oxidativa, redução do seu peso, dispensa de refrigeração durante o transporte e

armazenagem, disponibilidade do produto durante qualquer época do ano e agregação de valor ao produto (DOYMAZ, 2004).

Usualmente, as frutas tropicais sofrem maiores perdas a razão da maior suscetibilidade aos danos causados durante a colheita, transporte e pós-colheita caso estes sejam inadequados (DONADIO, 2000). Na polpa de fruta seca elimina-se o inconveniente da vida curta de prateleira com a vantagem de se poder manter o material em temperatura ambiente sem os gastos necessários para conservação a frio. A polpa seca, processada na forma de pó apresenta, em geral, fácil reconstituição em água, possibilidade de formulação com outros produtos e baixa relação volume/massa, com conseqüente economia em custos de embalagem e espaço de armazenamento (ALEXANDRE et al., 2007).

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

A secagem dos produtos agrícolas é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade, considerando-se que a diminuição da quantidade de água do material reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento (RESENDE et al., 2008).

A secagem de alimentos é um processo complexo, que requer representações para a predição do seu comportamento e otimização dos seus parâmetros (GOYAL et al., 2007). Envolve transferência de calor e massa e no qual o transporte de umidade do interior para a superfície do material pode ocorrer na forma de líquido e/ou vapor, dependendo do tipo de produto e do percentual de umidade presente. O processo de secagem deve ser de forma controlada para que possa ocorrer de maneira uniforme, evitando elevados gradientes de umidade e temperatura no interior do material, passíveis de provocar perda da qualidade do produto. Sabendo-se que os efeitos da secagem alteram as propriedades físicas e químicas do produto e que, por sua vez, afetam os processos de transferência de calor e massa sendo fundamental se conhecer seus efeitos e controle (FARIAS et al., 2002). Assim, durante a secagem é necessário não apenas fornecimento de calor para evaporar a umidade do material mas também um sorvedor de umidade, com vistas a remover o vapor d' água formado a partir da superfície do material a ser secado; é este processo de fornecimento de calor da fonte

quente para o material úmido, que promoverá a evaporação da água do material e, em seguida, a transferência de massa arrastará o vapor formado (PARK et al., 2006).

A desidratação é uma operação unitária cujo propósito é diminuir a água presente nos produtos agrícolas e alimentícios, reduzir ou inibir as atividades químicas, enzimáticas e microbiológicas, responsáveis pela deterioração dos alimentos (FELLOWS, 2006).

A desidratação de alimentos sólidos, como frutas e hortaliças, normalmente significa a remoção de umidade por vaporização tendo, como objetivo, assegurar a conservação da fruta por meio da redução da atividade de água. Esta redução deve ser, até o ponto em que as concentrações de açúcares, ácidos e sais e outros componentes sejam suficientemente elevados para reduzir a atividade de água e inibir o desenvolvimento de micro-organismos. Deve, ainda, conferir ao produto final características sensoriais próprias e o máximo de seu valor nutricional (CANO-CHAUCA et al., 2004).

Existem diversos métodos para a desidratação de alimentos cuja escolha do mais adequado depende do tipo de alimento, do nível de qualidade que se deseja obter e do seu custo (FELLOWS, 2006).

2.2.1 – Secagem por aspersão

A secagem por atomização teve seus primeiros passos na metade do século 18, quando foi patenteada a primeira operação de secagem de ovos (1865). Porém o início de sua utilização como processo em nível industrial data da década de 20, com leite e sabão em pó. Sua eficácia está baseada na área de contato entre o material a ser secado e o agente dessecante, ou seja, o ar quente (ROSA et al., 2011).

A secagem por aspersão também é conhecida como secagem por atomização, secagem por nebulização, secagem por pulverização e, na língua inglesa, de *spray drying*.

Secadores *spray dryer* ou secadores por atomização, são utilizados na secagem de soluções, suspensões, emulsões, polpas e pastas no processamento de alimentos (MASTERS, 1991). Os produtos secados em *spray*, podem variar em *baby food*, queijos e alguns derivados, leite de coco, café, ovos, condimentos, maltodextrina, leite e caldos preparados (sopas), alimentos à base de soja, extratos de plantas, alimentos à base de açúcar, chás, tomate, proteínas vegetais e polpa de frutas (ROSA et al., 2007).

Existem, no mercado, diversos tipos de secadores por aspersão; sua escolha depende do material a ser secado e das características pretendidas para o produto final (MASTERS, 1985; FILKOVÁ & MUJUMDAR, 1987; SHAW, 1997; RANKELL et al., 2001). Além disto,

ao lado da procura por tecnologias mais baratas as pequenas indústrias e produtores buscam pela facilidade de uso e sistemas práticos de secagem (CHUA & CHOU, 2003). Neste caso, o secador por atomização (*Spray dryer*), é o método de secagem mais comum usado na indústria alimentícia, por ser econômico, flexível e contínuo (DEL-VALLE, 2004).

Nesta técnica uma suspensão aquosa é atomizada para formar finas gotículas, posteriormente aspergidas em uma corrente de ar quente em paralelo ou contracorrente em uma câmara de secagem (FELLOWS, 2006) para, instantaneamente, se obter um pó (GHARSALLAOUI et al., 2007).

O processo de secagem por aspersão consiste em três etapas fundamentais: na primeira etapa o fluido é disperso como gotículas, produzindo uma grande área superficial; na segunda, ocorre seu contato destas com uma corrente de ar aquecido, havendo transferência de calor e na terceira etapa, ocorrem a evaporação do solvente e a formação de partícula sólida (NONHEBEL & MOSS, 1971; MASTERS, 1985; BROADHEAD et al., 1992; RANKELL et al., 2001).

Com a transferência de calor do ar aquecido às gotículas, o líquido da superfície evapora rapidamente. As partículas solidificadas geralmente apresentam o mesmo tamanho e forma da gotícula que a originou. Na última etapa o produto de secagem é transportado por uma corrente de ar sendo posteriormente coletado (BROADHEAD et al., 1992; SHAW, 1997; RANKELL et al., 2001).

Dependendo da elasticidade e da permeabilidade da crosta, serão produzidos distintos materiais secos como esferas intactas, com superfície imperfeita ou fragmentada, sólidas ou ocas (RANKELL et al., 2001). Além de que, o aumento da temperatura facilita o processo de secagem pois, normalmente, reduz a tensão superficial e a viscosidade facilitando a formação de gotículas (SOARES, 2002). O melhor ajuste da temperatura de entrada necessita ser estabelecido para otimização das características físicas do produto (CAMPOS, 1996; AULTON, 2002). Se a temperatura do ar de entrada permanecer constante, uma diminuição na taxa de alimentação do líquido acarretará em aumento na temperatura do material de saída (MASTERS, 1985; RANKELL et al., 2001). Desta forma, a rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas de maneira que a alta temperatura do ar de secagem não afete demasiadamente o produto (DAIÚTO & CEREDA, 2003).

Isto significa que velocidades de alimentação excessivas conduzem a diminuição da temperatura de saída e acúmulo do material sobre as paredes da câmara (MASTERS, 1985; RANKELL et al., 2001).

Segundo OLIVEIRA & PETROVICK (2010) através do ciclone ocorre a separação do produto sólido do gás efluente. O produto que atinge as paredes da câmara de secagem é recolhido no fundo da mesma. O produto recolhido no ciclone apresenta menor tempo de retenção em relação ao produto, que permanece na câmara, sendo este frequentemente mais denso e propenso a um aquecimento mais prolongado devido ao aumento do tempo de permanência.

Na verdade, o ar de secagem é captado da atmosfera e aquecido antes de ser injetado na câmara de secagem. A escolha do método de aquecimento e da temperatura do ar de secagem é feita de acordo com a avaliação econômica e com o produto que está sendo secado, respectivamente. O aquecimento pode se dar por resistências elétricas, por queima de gás combustível ou por trocador de calor. Produtos como ovo e leite não devem ultrapassar a temperatura de 100 °C, o que provocaria desnaturação de proteínas. Por outro lado, produtos como café podem suportar temperaturas maiores, como 250 °C sem que ocorra degradação (HELDMAN & HARTEL, 1998).

A qualidade dos produtos em pó reconstituídos, depende das características da alimentação (concentração da alimentação, tipo e concentração de aditivos, temperatura de alimentação) e das condições operacionais da secagem (temperatura de entrada/saída do ar de secagem, vazão do ar, vazão da alimentação, velocidade de atomização ou pressão do bico atomizador), além do tipo de secador (dimensões, sistema de resfriamento etc) (KING et al., 1984; MASTERS, 1991). Essas variáveis afetam a cor (CAI & CORKE, 2000; FRANCISCONI et al., 2003; ABADIO et al., 2004), o aroma (BHANDARI et al., 1999), as propriedades físicas (massa específica aparente e verdadeira, umidade, tamanho da partícula), relacionadas com a reconstituição (FRANCISCONI et al., 2003; ABADIO et al., 2004; GOULA & ADAMAPOULOS, 2005b; SITU & LAWAL, 2007). Segundo DESOBRY et al. (1997), condições que favoreçam uma alta razão entre superfície/volume ou um grande número de pequenas partículas, tal como aumento da velocidade de atomização, tendem a favorecer a oxidação de pigmentos e afetar adversamente a cor do produto, ou seja, a qualidade dos produtos obtidos por atomização depende das características do atomizador e da transferência de calor e massa entre o ar aquecido e as gotículas da câmara de secagem (FURUTA et al., 1994)

Portanto, as principais vantagens da secagem por atomização são: as propriedades e a qualidade do produto são mais eficientemente controladas; os alimentos sensíveis à temperatura, como produtos biológicos e farmacêuticos, podem ser secados a pressão

atmosférica e baixas temperaturas; grandes produções em operação contínua, com equipamento relativamente simples; produção de partículas relativamente uniformes e esféricas com aproximadamente a mesma proporção de compostos voláteis do produto inicial e a eficiência é comparável à de outros tipos de secadores diretos e de baixo custo de processo (FILKOVÁ & MUJUMDAR, 1995). Outrossim, alguns sistemas podem operar em modo de circuito-fechado com um gás inerte para reduzir a oxidação do produto (AULTON, 2002). Dentre as desvantagens da técnica de secagem por este método podem ser citados (BROADHEAD et al., 1992; WENDEL & CELIK, 1998): o equipamento apresenta grandes dimensões, necessitando de instalações físicas adequadas; o custo inicial é alto, pois carece de investimento em instalações, porém, o valor do produto final pode justificar o ônus inicial.

A versatilidade e o pequeno tempo de residência dos produtos na câmara de secagem se tornaram o principal equipamento para a secagem de materiais que apresentam sensibilidade ao calor, como alimentos e materiais de origem biológica. O “*spray dryer*” é ideal para a secagem de produtos sensíveis ao calor, em que a escolha do sistema e da operação é a chave para se obter o máximo de nutritivos e de qualidade no pó (ROSA et. al, 2011).

2.3 – Aditivos

Segundo a legislação brasileira (Portaria nº 540 – SVS/MS, de 27 de outubro de 1997) aditivo alimentar é qualquer substância empregada na fabricação de um alimento sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. A quantidade adicionada não deve ultrapassar o valor máximo permitido no alimento e sua adição deve ser informada pelos fabricantes nos rótulos ou embalagens dos alimentos (BRASIL, 1997).

O processo de secagem, juntamente com a adição de aditivos, interfere nas propriedades físico-químicas dos alimentos desidratados. Essas propriedades são atributos importantes de qualidade dos alimentos em pó. Vários autores vêm estudando a influencia das condições operacionais do processo de secagem sobre essas propriedades (GOULA & ADAMOPOULOS, 2008; TONON et al., 2008; SLABIN et al., 2008; QUEK et al., 2007; MARTINELLI, 2008; CANO-CHAUCA et al., 2005; JAYA & DAS, 2004).

Para evitar a instalação de dispositivos especiais na câmara de secagem durante a desidratação por *spray dryer*, é possível a adição de coadjuvantes (suportes) no líquido de

alimentação, algumas vezes em quantidades superiores a 75%, calculados sobre o teor de sólidos totais (MASTERS, 1991).

Diversos produtos podem ser usados como suporte na secagem de sucos de frutas por atomização; na seleção do melhor suporte deve-se levar em conta uma série de fatores que envolvem a qualidade do produto, o preço do suporte e o desempenho no processo (BRENNAN et al., 1971). Os suportes mais comuns são: goma arábica, maltodextrinas, amidos modificados e a mistura entre eles.

Desta forma, o encapsulante ideal deve ter propriedades emulsificantes, ser capaz de formar filmes, ser biodegradável, resistente ao trato gastrointestinal, ter baixa viscosidade a altos níveis de sólidos, exibir baixa higroscopicidade e ser de baixo custo (CONSTANT, 1999). A encapsulação conduzida em um “*Spray drying*” envolve três etapas básicas: a primeira, relativa à preparação da dispersão ou emulsão, a ser processada; a segunda homogeneização da dispersão e, finalmente, a atomização da massa dentro da câmara de secagem (RISCH & REINECCIUS, 1995).

A atomização é a técnica mais comum e barata para a produção de produtos microencapsulados (GHARSALLAOUI et al., 2007), sendo a maltodextrina um dos encapsulantes mais frequentemente utilizados neste processo (BARROS & STRINGHETA, 2006). Os suportes mais comuns são: goma arábica, maltodextrinas, amidos modificados e a mistura entre eles; além desses polissacarídeos outros vêm sendo testados.

2.3.1 – Maltodextrina

As maltodextrinas são biopolímeros originados da hidrólise parcial do amido e tem extensa utilização como ingrediente pois proporcionam características desejáveis a alimentos processados. Maltodextrinas são classificadas pelo seu grau de hidrólise expresso em dextrose equivalente (DE), que é a porcentagem de açúcares redutores calculados como glicose em relação ao peso seco do amido. Esses polímeros são metabolizados de forma lenta e constante o que pode ajudar a sustentar os níveis de energia durante atividades que necessitam de resistência (MCPHERSON & SEIB, 1997). Portanto, as maltodextrinas são produtos da hidrólise do amido que possuem valores de dextrose equivalente (DE) menores que 20 (LORET et al., 2004).

Assim, maltodextrina é o nome comum para oligo e polissacarídeos de glucose, formados durante a decomposição parcial do amido. Por definição, hidrolisados de amido que

consistem em unidades de α -D-glicose ligadas principalmente por ligações glicosídicas (1→4) com a fórmula geral igual a $[(C_6H_{10}O_5)_n H_2O]$ (KENNEDY et al., 1995).

Maltodextrina (enzimática) é um produto em pó, de cor branca a levemente creme, sabor neutro a levemente adocicado, ausência de grânulos de amido, pH entre 4,5 e 5,5, acidez entre 0,5 e 2,0 mL de NaOH/100 g e $5 > DE < 20$, com presença de baixos teores de maltose (< 5%) e de glicose (< 3%). As maltodextrinas podem ser consideradas amidos pré-gelatinizados levemente hidrolisados por enzimas (DAIÚTO & CEREDA, 2003).

As maltodextrinas com baixa DE (aproximadamente 5) substituem gorduras em razão da capacidade de reproduzir a sensação provocada pela gordura devido à rede tridimensional que é formada durante o seu processo de gelificação, de modo que ela é um dos substitutos da gordura mais utilizados nos últimos 25 anos (LORET et al., 2004); são agentes gelificantes e espessantes para prevenir a cristalização, auxilia na dispersibilidade, controla o congelamento (CHORONAKIS, 1998). Em sobremesas congeladas a maltodextrina, associada à goma de celulose, previne a formação de grandes cristais de gelo durante o processo de congelamento e controla a cristalização e, em sorvetes formulados, fornece maior viscosidade e menor incorporação de ar à massa (SCHMIDT et al., 1993). As altas viscosidades e consistência indicam menos ar incorporado a sorvetes (SETSER & RACETTE, 1992). Em sobremesas, maltodextrinas com DE menores que 15 são utilizadas para substituir o amido melhorando a solubilidade e a claridade dos produtos (ALEXANDER, 1992).

Em produtos lácteos, como os iogurtes de baixa caloria, as maltodextrinas propiciam características organolépticas semelhantes às dos produtos originais obtendo a aceitabilidade do consumidor (BARRANTES et al., 1994). Também auxiliam na fabricação de “marshmallow” substituindo 70% das proteínas (ALEXANDER, 1992).

Em produtos secos podem ser encontrados em condimentos, molhos instantâneos, sopas, sobremesas, pudins, bebidas “light” e misturas para café da manhã (ALEXANDER, 1992). Além de fornecer carboidratos de formulações de produtos em pó, as maltodextrinas também são utilizadas devido ao seu baixo sabor adocicado e alta solubilidade (KENNEDY et al., 1995).

São utilizadas na área farmacêutica como enchimento em comprimidos (SCHENK & HEBEDA, 1992) e em bebidas energéticas auxiliando o desempenho durante os exercícios físicos e na recuperação prevenindo a fadiga; devido à digestão mais lenta e mais saudável, de

vez que são carboidratos complexos e a liberação de açúcar na corrente sanguínea é mais lenta (BRAGANÇA, 2005).

As maltodextrinas são auxiliares no processo de secagem por “*spray dryer*” de produtos alimentícios, situando-se em três níveis: antes da secagem como auxiliar de dispersão para evitar a aglomeração do produto nas tubulações; durante a secagem, para a obtenção de uma granulação homogênea e depois da secagem, para dispersão do produto em água ou solvente (ALEXANDER, 1992).

A maltodextrina é um dos aditivos mais utilizados porque, além do baixo custo, apresenta baixa higroscopicidade e evita a aglomeração das partículas; possui efeito antioxidante e retém os voláteis na faixa de 65 a 80% (REINECCIUS, 1991; SHAHIDI & HAN, 1993).

PEDRO (2009) afirma que a maltodextrina controla a temperatura e o teor de água do produto durante a secagem em secadores do tipo *spray dryer*, evita a aderência e a pegajosidade, devido ao alto peso molecular que aumenta a temperatura de transição vítrea, melhora a estabilidade do material durante a secagem e o armazenamento; além de desempenhar a função de encapsulante, já que melhora a retenção de aromas e diminui a oxidação de nutrientes presentes no produto. Assim, a maltodextrina é bastante utilizada em virtude do baixo custo e da menor higroscopicidade, evitando a aglomeração das partículas, além da boa retenção de voláteis (KENYON & ANDERSON, 1988; SHAHIDI & HAN, 1993; ADHIKARI et al., 2004).

As maltodextrinas com DE entre 10 e 20 são as mais indicadas na utilização para o encapsulamento de aromas enquanto no encapsulamento de óleos essenciais são utilizadas misturas de maltodextrina com DE entre 5-15 e proteína (RAJA et al., 1989; SHEU & ROSENBERG, 1995).

ANSELMO et al. (2006) verificaram determinando a higroscopicidade do cajá em pó desidratado por meio de secagem por aspersão com 10% de maltodextrina e 5% de amido modificado que quanto menor a temperatura para uma mesma umidade relativa do ar ou atividade de água, maior foi o teor de água do cajá em pó.

SILVA et al. (2007) constataram, realizando análise sensorial da polpa reconstituída do cajá em pó obtido pelo processo de secagem por atomização com 15% de maltodextrina, 10% de maltodextrina + 5% de amido modificado e 7,5% de maltodextrina + 7,5% de amido modificado que a formulação que obteve características sensoriais mais próximas da polpa *in natura* foi a do cajá em pó, secado com 15% de maltodextrina, conservando melhor a cor e a

aparência; os autores observaram, ainda, que o aumento da proporção do amido modificado está relacionado ao escurecimento e à alteração das características sensoriais da polpa e do suco de cajá.

Para PEDRO (2009) aditivos, tais como a maltodextrina, vêm sendo utilizados por vários autores para reduzir a pegajosidade dos pós, inibir o grau de aglomeração e garantir o armazenamento seguro dos alimentos, além de facilitar o processo de secagem em *spray dryer* de alimentos ricos em açúcares, tais como suco de laranja (GUPTA, 1975), polpa concentrada de tamarindo (TRUONG, 1994), sucos de damasco, framboesa e groselha preta (BHANDARI et al., 1997), polpa de manga (JAYA & DAS, 2004), suco de uva (PAPADAKIS et al., 2006), suco de limão (MARTINELLI, 2008; ROUSTAPOUR et al., 2006), polpa de melancia (QUEK et al., 2007), polpa de açaí (TONON et al., 2008), além de polpa de tomate (GOULA & ADAMOPOULOS, 2008).

JAYA & DAS (2004); GOULA & ADAMOPOULOS (2008); e TONON et al. (2008) verificaram a influência da maltodextrina nas propriedades físico-químicas da polpa de tomate, polpa de açaí e polpa de manga secados em *spray drying* e apontaram redução da higroscopicidade dos pós, viabilizando a qualidade e o manuseio do pó.

SLABIN et al. (2008) avaliaram diferentes concentrações de maltodextrina DE 6 na qualidade de tâmaras em pó e constataram pegajosidade e boa fluidez na pasta de tâmara secada com 1.0 kg de maltodextrina/1 kg pasta (base seca).

PEDRO (2009) estudou a polpa do maracujá em pó com maltodextrina no secador *spray dryer* e obteve boas propriedades de reconstituição do pó, além de melhora na higroscopicidade, grau de aglomeração, temperatura de transição vítrea e teor de água com o aumento da concentração de maltodextrina e a redução DE.

2.4 – Reologia

Reologia pode ser definida como a ciência da deformação e do escoamento da matéria, ou seja, é o estudo da maneira cujos materiais respondem à aplicação de alguma tensão ou deformação (STEFFE, 1996; TABILO-MUNIZAGA & BARBOSA-CÁNOVAS, 2005). Os dados reológicos são importantes para a indústria de alimentos sob diversos aspectos: no projeto e no dimensionamento de equipamentos; na determinação da funcionalidade de ingredientes para o desenvolvimento de novos produtos (estrutura do alimento, incluindo mudanças físico-químicas que ocorrem durante o processamento e armazenamento); no controle da qualidade do produto final ou intermediário com análises de vida de prateleira do

produto e na textura, correlacionando-se com os dados sensoriais (MASKAN & GOGUS, 2000; ALVARADO & AGUILERA, 2001).

A reologia clássica começa com a consideração de dois materiais ideais: o sólido elástico e o líquido viscoso. O sólido elástico é um material com forma definida que, quando deformado por uma força externa dentro de certos limites, irá retornar à sua forma e dimensões originais, após a remoção dessa força; já o líquido viscoso não tem forma definida e irá escoar, irreversivelmente, com a aplicação de uma força externa (STANLEY et al., 1996).

Na reologia de sólidos a propriedade de maior interesse é a elasticidade ao passo que em líquidos a viscosidade é a propriedade mais importante. A viscosidade de um material pode ser definida como a propriedade física dos fluidos que caracterizam sua resistência ao escoamento (PARK & LEITE, 2001). Desta forma, a viscosidade descreve a propriedade física de um líquido resistir ao escoamento induzido pelo cisalhamento, podendo depender de seis parâmetros: da natureza físico-química do fluido, da temperatura do fluido, da pressão, da taxa de cisalhamento, do tempo e do campo elétrico; sendo assim definida em função de um desses parâmetros, os outros cinco devem ser mantidos constantes e bem definidos (SCHRAMM, 2006).

O conhecimento das propriedades reológicas dos alimentos é fundamental no dimensionamento e na operacionalização de equipamentos envolvidos no seu processamento, no projeto de engenharia de processos, na avaliação de adequação tecnológica, tal como no controle de qualidade e na determinação da sua vida de prateleira. Muitos dos atributos sensoriais associados à textura de emulsões alimentícias, estão diretamente relacionados com propriedades como a viscosidade (BUFFO & REINECCIUS, 2002; MULLER, 1973), parâmetro intimamente ligado com a aceitabilidade do produto pelos consumidores (YANES et al., 2002; PENNA et al., 2001; SILVA, 2000; COURREGELONGUE et al., 1999; SILVA et al., 1998; STEFFE, 1996).

Para isto, a viscosidade ou, mais abrangente, o comportamento reológico dos sucos, é usado de um lado como medida de qualidade desses produtos e, por outro é indispensável para o projeto, avaliação e operação dos equipamentos de processos (IBARZ et al., 1996). No projeto de equipamentos destinados ao processamento de frutas para a produção de sucos e purês, o conhecimento das propriedades ligadas aos seus padrões de comportamento reológico determina sua concepção e o dimensionamento de bombas, tubulações, filtros, agitadores,

evaporadores, pasteurizadores, resfriadores, congeladores e embaladeiras, etc. (QUEIROZ et al., 1996).

O comportamento reológico representa o comportamento mecânico dos materiais quando em processo de deformação devido a um campo de tensões; importantes nos fenômenos relacionados à transferência de massa que têm no lugar nos processos industriais, as características reológicas também são imprescindíveis na otimização, no controle e nos cálculos de processos. Esses conhecimentos servem, igualmente, para o desenvolvimento de produtos e correlação de parâmetros físicos e sensoriais (BEZERRA, 2000).

A crescente necessidade e a procura dos parâmetros reológicos para os diversos fluidos manipulados nas indústrias de processamento estão ligadas também, à grande importância econômica que esses fluidos e equipamentos de manipulação representam atualmente (VIDAL, 2000).

Na secagem por aspersão são, em geral, classificados em função do seu comportamento reológico, interferindo no tamanho das gotículas nebulizadas, nas incrustações na parede do secador, no tamanho das gotículas desidratadas e na qualidade final do pó, em especial na retenção de aromas (GOMES, 2009).

As relações entre tensão e deformação que caracterizam reologicamente um material, podem apresentar-se de diferentes formas; assim, os alimentos fluidos, devido à sua grande variedade em estrutura e composição e em função deste comportamento, são caracterizados em Newtonianos e Não-Newtonianos (BRETAS & D'ÁVILA, 2000).

2.4.1 – Fluidos newtonianos

Os fluidos Newtonianos são definidos como os fluidos cuja viscosidade é independente da taxa de deformação e apresentam uma relação linear entre tensão e taxa de deformação. Esta linearidade é traduzida pela Lei de Newton (FERNANDES, 2003) expressa na Equação 2.1:

$$\sigma = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad (2.1)$$

Em que:

σ - tensão de cisalhamento (N/m²)

η - viscosidade Newtoniana (Pa.s)

$\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s⁻¹)

Quando fluidos Newtonianos são deformados a tensão de cisalhamento gerada é diretamente proporcional à taxa de deformação. A resistência que o fluido oferece ao escoamento, é caracterizada como sua viscosidade Newtoniana (η), como mostra a Equação 2.1 (STEFFE, 1996).

Entre os alimentos que possuem comportamento de fluidos Newtonianos, tem-se: refrigerantes artificiais, leite, bebidas destiladas, café, óleos, soluções de sacarose e de vários sais (RAO, 1977 citados por GRATÃO, 2006), assim como sucos de frutas clarificados, os quais são isentos de sólidos em suspensão (SARAVACOS, 1970; IBARZ et al., 1989; KHALIL et al., 1989; IBARZ et al., 1992a, b; IBARZ et al., 1994; GINER et al., 1996).

2.4.2 – Fluidos não-newtonianos

Os fluidos não-Newtonianos diferem dos Newtonianos em virtude da relação tensão-deformação não ser linear, ou seja, a “viscosidade” em um fluido não-Newtoniano não é constante a pressão e temperaturas dadas; depende da taxa de cisalhamento e da história cinemática prévia do fluido (TANNER, 1992). A deformação em fluidos não-Newtonianos está relacionada à tensão aplicada e à influência de características moleculares (MANICA, 2003). Assim, para fluidos não-Newtonianos a viscosidade é função da taxa de deformação, significando que, para cada taxa de deformação aplicada ao fluido, tem-se uma tensão de cisalhamento (TABILO-MUNIZAGA & BARBOSA-CÁNOVAS, 2005). Ao invés de possuir viscosidade Newtoniana (η), a viscosidade aparente (η_{ap}) é utilizada em determinada taxa de deformação. Para o dimensionamento de equipamentos, o conceito de viscosidade aparente não é muito utilizado já que a viscosidade varia com a taxa de deformação; entretanto, este conceito é muito utilizado nas indústrias para controle de qualidade (ADORNO, 1997).

2.4.2.1 – Fluidos pseudoplásticos

Neste grupo se encontra a maioria dos fluidos de comportamento não-Newtoniano (VIDAL & GASPARETTO, 2000). Caracterizam-se pela diminuição na viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação, comportamento que pode ser explicado pela modificação da estrutura de cadeias longas de moléculas com o aumento do gradiente de velocidade; essas cadeias, por outro lado, tendem a se alinhar, paralelamente às linhas de corrente, diminuindo a resistência ao escoamento, enquanto os produtos que se comportam como fluidos pseudoplásticos tendem a apresentar comportamento newtoniano quando submetidos a grandes gradientes de velocidade, provocado pelo total alinhamento molecular.

Por outro lado e em baixas taxas de deformação, a distribuição completamente casual das partículas, também induz a este tipo de comportamento (VIDAL, 2000).

Enquadram-se nesta categoria os polímeros, suspensões coloidais e quase todas as polpas e sucos de frutas (FOX & MCDONALD, 1995; BOURNE, 1982).

2.4.2.2 – Fluidos dilatantes

Nos fluidos dilatantes ocorre o aumento da viscosidade aparente com o aumento da velocidade de cisalhamento. O fenômeno de dilatância é explicado pela existência no líquido de um sistema de partículas densamente empacotado e, quando submetido a uma tensão de cisalhamento, as partículas se separam. Os vazios entre elas aumentam e são imediatamente preenchidos com líquido da fase contínua. Como o líquido é insuficiente para saturar o sistema, preencher os vazios e cobrir as partículas, a viscosidade aparente aumenta rapidamente e o sistema parece secar ou solidificar (CARVALHO, 1990); assim à medida que as tensões aumentam as partículas passam a interagir entre si aumentando a viscosidade do fluido (CABRAL, 2000), ou seja, nesses fluidos a viscosidade aumenta com o aumento da taxa de cisalhamento. Se o material é medido de baixa para alta velocidade e a viscosidade aumenta com o aumento da velocidade (gradiente de cisalhamento), então o material é classificado dilatante. São exemplos de fluidos dilatantes: fluidos contendo alto nível de sólidos de floculados como lama, argila, compostos de doceria, como, por exemplo, ingrediente de balas, amido de milho em água e misturas de areia/água (POSSA & LIMA, 2000).

Na Figura 2.3 se apresenta a classificação do comportamento dos fluidos reológicos em forma de gráfico.

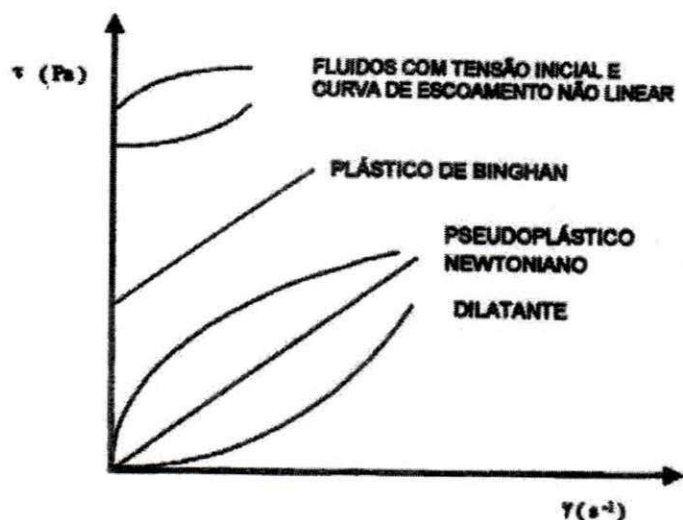


Figura 2.3 – Reogramas típicos de vários tipos de fluido com comportamento reológico independente do tempo (Fonte: TONELI et al., 2005)

2.4.2.3- Fluidos de Bingham

Segundo COSTA (2007) esses fluidos se caracterizam por apresentar uma tensão inicial a partir da qual o fluido apresenta uma relação linear entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação, além de um comportamento newtoniano; é o caso da maionese e do catchup; além desses, tem-se a pasta de dente e a tinta (TANNER, 1992).

2.4.2.4 – Fluidos tixotrópicos

Os fluidos tixotrópicos se caracterizam por apresentar decréscimo na viscosidade aparente, com o tempo de aplicação da tensão. Quando o fluido fica em repouso retorna à condição original (COSTA, 2007). Grande parte dos fluidos alimentícios, como pastas de frutas e vegetais, *ketchup*, mostarda, alimentos infantis e certos tipos de mel apresentam comportamento tixotrópico (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 1993; CHOI & YOO, 2004; IBARZ et al., 1996; ZAIANAL et al., 2000; PELEGRINE et al., 2000; ASSIS et al., 2005; GRATÃO, 2006; MEDEIROS et al., 2006b); tal como nas indústrias de tinta, cosméticos, produtos farmacêuticos e outros (SCHRAMM, 2000).

2.4.2.5 – Fluidos reopéticos

Os fluidos reopéticos se caracterizam pelo aumento da viscosidade aparente com o tempo, quando submetidos à taxa ou tensão de cisalhamento constante, seguida de uma recuperação gradual quando o cisalhamento é interrompido. São exemplos desses fluidos:

dispersões concentradas de látex e de surfactantes (MONTEIRO, 2004). Existe, geralmente, uma quantidade crítica de cisalhamento na qual a reformulação das estruturas não é induzida e quebras ocorrem (FERGUSON & KEMBLOWKI, 1991). Os fluidos reopéticos são raros e apresentam comportamento oposto ao dos tixotrópicos (POSSA & LIMA, 2000).

2.4.2.6 – Fluidos viscoelásticos

De acordo com QUEIROZ (2009), fluidos viscoelásticos são fluidos que apresentam propriedades viscosas e elásticas acopladas apresentando, inicialmente, comportamento sólido e, posteriormente, líquido. Quando a tensão de cisalhamento cessa, ocorre certa recuperação da deformação. Massas de farinha de trigo, gelatinas e queijos, são exemplos de fluidos com este comportamento. O comportamento característico de fluidos viscoelásticos é devido às estruturas internas e deformação durante o processo de escoamento (ALENAXANDROU et al., 2001).

2.4.3 – Modelos reológicos

Para TONELI et al. (2005) a descrição do comportamento reológico dos materiais é feita através de modelos que relacionam como a tensão de cisalhamento varia com a taxa de deformação. Dentre os modelos matemáticos existentes alguns dos mais aplicados para sistemas de alimentos são: Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Plástico de Bingham, Herschel-Bulkley e Casson porém o modelo reológico proposto por MIZRAHI & BERK (1971) é o que melhor se tem ajustado à maioria dos reogramas das polpas, sucos e purês de frutas já que os autores o desenvolveram com base no modelo de uma suspensão de partículas interagindo em um solvente pseudoplástico.

BRANCO & GASPARETTO (2003), verificaram, estudando o comportamento reológico de misturas de manga, laranja e cenoura que o modelo de Ostwald-de-Waele descreveu satisfatoriamente o comportamento reológico das formulações estudadas nas temperaturas de 10 e 60 °C e avaliaram o produto como sendo pseudoplástico.

FERREIRA et al. (2008) constataram, estudando o comportamento reológico da polpa de cupuaçu integral nas temperatura de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 °C, que o modelo de Ostwald-de-Waele se ajustou melhor aos dados experimentais, embora na temperatura de 60 °C o valor da tensão residual tenha sido negativo e, portanto, sem significado físico; além disto, o produto apresentou comportamento pseudoplástico e o índice de comportamento de fluxo (n) decresceu com o aumento da temperatura. OLIVEIRA et al. (2009) também constataram que

o comportamento reológico do suco de uva foi descrito adequadamente por tal modelo, com resultado pseudoplástico e redução na viscosidade aparente com o aumento de temperatura (20, 25, 30 e 35 °C).

SATO & CUNHA (2007) avaliaram o comportamento reológico da polpa de jaboticaba em diferentes temperaturas (5, 25, 45, 65 e 85 °C) e apontaram o modelo de Herschel-Bulkley como o que melhor se ajustou aos dados experimentais observando a redução do índice de consistência (k) e um leve aumento do índice de comportamento de escoamento (n) com o aumento da temperatura.

FERNANDES (2010) avaliou o comportamento reológico da polpa de cajá integral na temperatura de 25 °C e observou que os modelos Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk se ajustaram bem aos dados experimentais apresentando coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,98 e desvios percentuais médios (P) inferiores a 4%.

GALDINO (2011) verificou que a polpa integral do figo-da-índia e suas formulações na temperatura de 25 °C, apresentaram comportamento pseudoplástico com melhor ajuste aos dados experimentais ao modelo de Mizrahi-Berk, com coeficientes de determinação superiores a 0,98 e os menores desvios percentuais médios com 3,28%.

HAMINIUK et al. (2011) analisaram o comportamento reológico de sucos combinados de morango, amora-preta e framboesa nas temperaturas de 20 e 60 °C, utilizando o modelo de Casson e verificaram um comportamento newtoniano porém parâmetros reológicos, como tensão inicial e viscosidade plástica de Casson, reduziram com o aumento da temperatura.

2.5 – Armazenamento

A vida de prateleira de um alimento desidratado depende de fatores extrínsecos, como: tamanho e propriedades da embalagem, condições ambientais de estocagem (teor de água, concentração de oxigênio, luz e temperatura), transporte e manuseio e também de fatores intrínsecos, como: composição química do alimento, tipo e concentração de aditivos (ALVES et al., 1998; CANO-CHAUCA et al., 2005; KOWALSKA & LENART, 2005; TEIXEIRA NETO et al., 2004).

No caso de alimentos ricos em açúcares, um dos fatores mais críticos é a absorção de água que promove a formação de aglomerados, a dissolução de açúcares amorfos e a recristalização dos mesmos, dificultando a reconstituição e as condições de escoamento do produto além de acelerar outras reações deteriorativas que depreciam a qualidade do produto

(AMMU et al., 1977; ANGUELOVA & WARTHESEN, 2000; BORGES & CAL-VIDAL, 1994; TEUNOU et al., 1999).

Portanto, a qualidade de produtos desidratados se altera com o tempo de armazenamento devido a várias reações. Esses produtos apresentam, quando embalados, maior vida de prateleira se protegidos para evitar o contato com o oxigênio e o ganho de umidade, de modo a não ocorrer o empedramento ou aglomeração (ALVES, 2001).

EVANGELISTA (1992) relatou que produtos submetidos à secagem, embora se beneficiem do retardo no crescimento de micro-organismos e do aumento no tempo de conservação necessitam, nas fases de transporte e armazenamento, de embalagem adequada, que mantenha as características do produto, obtidas na secagem.

Assim, a atmosfera modificada possibilita o estabelecimento de uma composição de gases ideal dentro da embalagem, em que a atividade respiratória do produto seja a menor possível, prolongando sua vida-de-prateleira (GUNES & LEE, 1997; KADER et al., 1989; HOWARD & HERNANDEZ-BRENES, 1998).

Em razão disto, os filmes especiais e as embalagens plásticas laminadas com as propriedades de barreira a gases, a vapor d'água, a aromas, a luz e grande flexibilidade, estão cada vez mais presentes nos supermercados por atenderem às exigências do consumidor quanto ao acondicionamento e apresentação dos alimentos (SOARES et al., 2002).

Embora embalagens laminadas tenham sido mais efetivas em relação às embalagens de polietileno, no prolongamento de vida útil de sucos desidratados, conforme demonstram alguns resultados da literatura, devido à maior proteção contra oxidação e absorção de umidade (SOARES et al., 2001; SILVA et al., 2005c).

ENDO et al. (2007) avaliaram a vida útil do suco de maracujá desidratado por secagem por aspersão, natural e adicionado de açúcar, embalado em embalagens laminadas e armazenado em ambientes com 30 e 40 °C e 84% de umidade relativa. Em determinações físicas e microbiológicas constatou-se, durante o armazenamento, que a cor e o tamanho das partículas se alteraram, tornando-se escuros e aglomerados principalmente os que foram adicionados de açúcar e expostos a 40 °C. Em relação aos parâmetros microbiológicos, os sucos desidratados sem adição de açúcar permaneceram estáveis. Consideraram-se 120 dias a 30 °C e 60 dias a 40 °C como período de armazenamento seguro pois aos 180 dias ocorreu diminuição do teor de água, além do aumento no tamanho das partículas, consequência da aglomeração e posterior dificuldade de reconstituição.

FIGUEIRÊDO et al. (2001) avaliaram o suco de acerola microencapsulado e observaram que a embalagem flexível laminada utilizada para armazenar o suco das Formulações 1 (suco de acerola, 15% de maltodextrina e 5% de goma arábica) e 2 (suco de acerola, 15% de maltodextrina e 2,5% de goma arábica), manteve o teor de água constante durante os 365 dias de armazenamento.

2.6 – Isoterma de adsorção de água

CARVALHO (1994) afirma que a atividade de água de um produto tem valor equivalente à umidade relativa, embora sejam conceitos diferentes. De acordo com o mesmo autor, a atividade de água é uma medida da quantidade de moléculas livres ou ativas, geralmente obtidas em relação à pressão de vapor da água pura.

A atividade de água (a_w) indica o quanto a água está associada aos constituintes não aquosos e, conseqüentemente, à água disponível para o crescimento de micro-organismos e para que possam ocorrer reações químicas e bioquímicas (PEDRO, 2009).

A água contida no alimento é dita água livre quando sua pressão de vapor é igual à da água pura. A água é referida como água ligada quando sua atividade é reduzida a ponto de se tornar menos ativa e não manter as propriedades químicas e físicas da água pura. A água também pode ser descrita pelo seu comportamento; a água ligada corresponde o mecanismo de adsorção molecular (BOBBIO & BOBBIO, 1992; RIBEIRO & SERAVALLI, 2004). Assim, as propriedades da solução são determinadas pela interação água-água, água-soluto e soluto-soluto (LEWICKI, 2004).

Assim, é a água disponível para atividade bioquímica, enzimática e microbiana a que, na realidade, determina a vida útil de um produto e é expressa pelo conceito de atividade de água (a_w) dado pela relação entre a pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento (P), e a pressão de vapor da água pura (P_0) a mesma temperatura (SILVA, 2000).

A atividade de água é um importante fator na preservação de alimentos haja vista que as alterações físico-químicas, o crescimento microbiológico e as reações das fases lipídicas e aquosa que podem ocorrer durante o processamento e armazenagem do produto alimentício, dependem diretamente deste parâmetro (JAYARAMAN & GUPTA, 1995).

Alimentos com diferente atividade de água apresentam diferente quantidade de água ligada no material; esta relação é chamada isoterma de sorção da água que define o teor de água de equilíbrio com diferentes valores de atividade de água em uma temperatura constante (MARQUES, 2008), ou seja, o estudo da atividade de água pode ser feito através das

isotermas de sorção que descrevem a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes do alimento e a pressão de vapor ou umidade relativa, a dada temperatura (AL-MUHTASEB et al., 2002; BROD, 2003).

Portanto, o conhecimento e a compreensão das isotermas dos alimentos são de grande importância na área de tecnologia e de ciências dos alimentos para resolução de muitos problemas, como avaliação e caracterização das ligações da água; análise do calor de sorção; otimização de processos de secagem; avaliação de problemas de estocagem e embalagem e na estimativa da estabilidade microbiológica, química e física dos alimentos (DITCHFIELD, 2000). PENA et al. (2000) também concordam que as isotermas de sorção (adsorção e dessorção) têm aplicação na predição do tempo de secagem, da vida de prateleira, na determinação do tipo de embalagem e na caracterização do produto, inclusive quando o mesmo é constituído por componentes de atividade de águas diferentes.

É bastante importante conhecer o comportamento higroscópico e construir as isotermas de adsorção para prever melhores condições de conservação, desenvolver embalagens adequadas, conhecer o teor de água de equilíbrio e as características físicas e físico-químicas dos produtos alimentícios (ANSELMO et al., 2006).

As isotermas podem ser classificadas em 5 diferentes tipos (Figura 2.4), que variam de acordo com o tipo de traçado obtido MATHLOUTHI & ROGÉ (2003):

- Tipo I: obtidas através da adsorção monomolecular de um gás por um sólido poroso;
- Tipo II: isoterma sigmoide, característica de produtos solúveis, apresenta tendência assintótica com o aumento da atividade de água;
- Tipo III: adsorção de um solvente ou plasticizante como o glicerol acima da temperatura de transição vítrea;
- Tipo IV: descrevem a adsorção de um sólido hidrofílico até que a máxima hidratação seja atingida;
- Tipo V: isotermas de adsorção de multicamadas relacionadas com os tipos II e III.

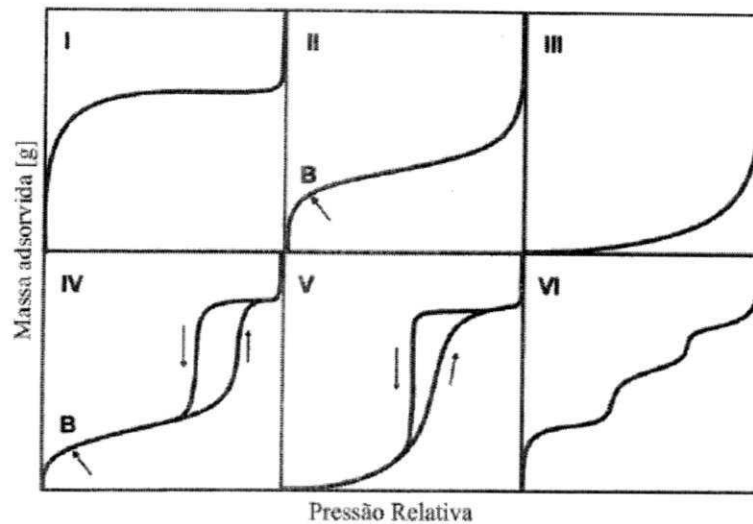


Figura 2.4 – Classificação das isotermas segundo a IUPAC (Fonte: RIFFELL, 2008)

Reunidas em um só gráfico, as três formas básicas de isoterma de sorção de alimentos higroscópicos se apresentam da seguinte maneira, Figura 2.5.

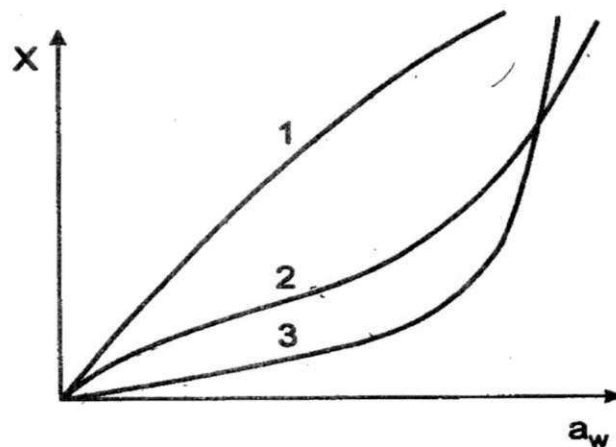


Figura 2.5 - Formas básicas da isoterma de sorção: 1. Altamente higroscópica; 2. Meio higroscópica e 3. Pouco higroscópica (KAMINSKI & KUDRA, 2000).

A literatura aborda uma vasta gama de modelos que representam as isotermas de sorção, no geral empíricos e determinantes na caracterização dos produtos, é o caso dos modelos de GAB, Peleg e Oswin.

Para ANSELMO et al. (2006) o modelo de Henderson modificado por Cavalcanti Mata foi o que melhor representou os dados experimentais das isotermas de equilíbrio

higroscópico do pó de cajá microencapsulado com 10% de maltodextrina e 5% de amido modificado nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C, obtido por secagem por atomização; esses autores ainda verificaram que, quanto menor a temperatura para uma mesma umidade relativa ou atividade de água, maior foi o teor de água do produto analisado.

RIGHETTO (2003) verificou, ao determinar, pelo método gravimétrico, as isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C, do suco de acerola verde desidratado por secagem por aspersão e por liofilização, curvas com formato sigmoidal classificadas como Tipo II e outras do Tipo III, apresentando bom ajuste ao modelo de GAB aos dados experimentais e modificações das propriedades físicas das amostras em $a_w > 0,43$.

GOMES (2009) observou, estudando as isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C da polpa de buriti em pó obtida da secagem por aspersão e coletada na câmara de secagem, que os modelos de GAB, Peleg e Oswin se ajustaram bem aos dados experimentais.

GALDINO (2011) constatou, determinando as isotermas de adsorção de água na temperatura de 25 °C da polpa de figo-da-índia em pó através da secagem por aspersão coletadas na câmara de secagem, que os modelos de GAB, Peleg e Oswin se ajustaram bem aos dados experimentais resultando em coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,99.

3 – MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Local de realização

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas – LAPPA, da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

3.2 – Matérias-primas

3.2.1 – Fruto do mandacaru

Os frutos do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC) utilizados neste trabalho foram oriundos dos municípios paraibanos circunvizinhos à cidade de Campina Grande, em estágio de maturação maduro cuja coloração vermelha brilhante da casca e o estado físico foram utilizados como critérios de escolha.

3.2.2 – Aditivo

O aditivo utilizado nas secagens por aspersão da polpa do fruto do mandacaru foi maltodextrina (Mor Rex®, Corn Products Brasil) em três diferentes concentrações (10, 15 e 20%), com diferentes valores de dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14), contabilizando seis formulações.

3.3 – Obtenção da polpa do fruto do mandacaru

Os frutos do mandacaru foram colocados em caixas de isopor e levados para o laboratório onde foram processados de acordo com o fluxograma da Figura 3.1, visando à obtenção da polpa integral.

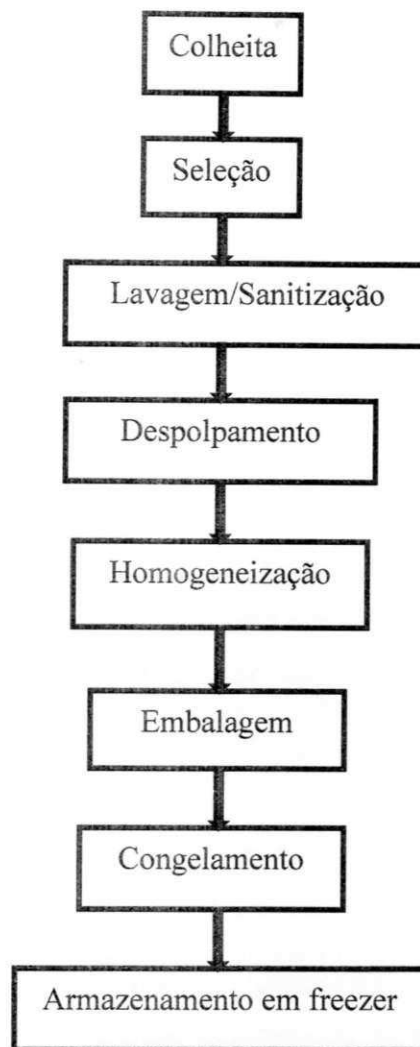


Figura 3.1 – Fluxograma das etapas para obtenção da polpa integral do fruto do mandacaru

Os frutos foram selecionados manualmente, visando eliminar os danificados e deteriorados; em seguida, foram lavados com esponja, detergente e água corrente, passando para a etapa de sanitização por meio da imersão dos frutos em uma solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm durante 15 minutos, para eliminar os micro-organismos e sujeiras mais aderidas; posteriormente, foram enxaguados em água corrente para retirar o excesso desta solução.

Com auxílio de uma faca os frutos foram, então, cortados manualmente ao meio e extraída a polpa com as sementes, com uma colher. A polpa com sementes seguiu para uma prensa hidráulica a fim de se separar as sementes obtendo-se a polpa integral do mandacaru; a seguir, a polpa foi embalada manualmente em sacos de polietileno de baixa densidade (1 litro), (Figura 3.2), as quais foram imersas em nitrogênio líquido, a temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ para congelamento rápido, etiquetadas e armazenadas em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, a fim de manter a qualidade e ser utilizada posteriormente nos experimentos.

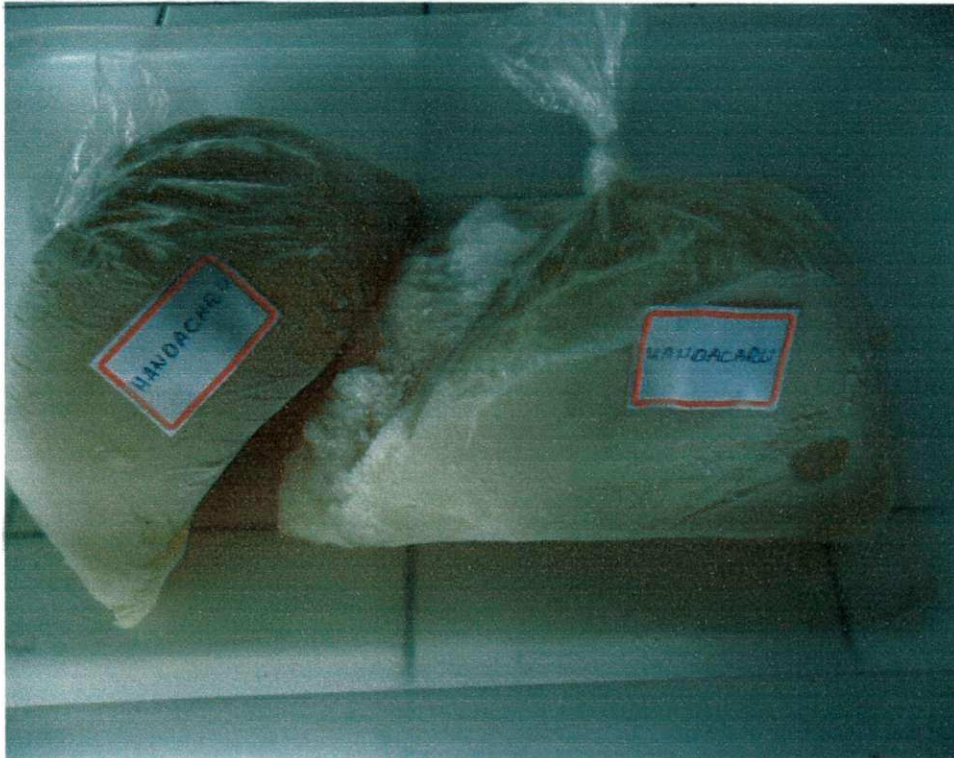


Figura 3.2 – Polpa integral do fruto de mandacaru sem semente

3.4 – Caracterização química, física e fisico-química da polpa do fruto do mandacaru

A polpa integral do fruto do mandacaru foi submetida às seguintes análises químicas, físicas e fisico-químicas: pH, sólidos solúveis totais (°Brix), ácido ascórbico, sólidos totais/teor de água, acidez total titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, cinzas, cor, atividade de água, sólidos insolúveis e fibra bruta. Todas essas análises foram realizadas em triplicata.

3.4.1- pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico com o peagômetro previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

3.4.2 – Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais (°Brix) foram determinados por leitura direta em refratômetro Abbé, com correção de temperatura, com base na tabela contida no manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.4.3 – Ácido ascórbico

O ácido ascórbico foi determinado segundo os métodos analíticos AOAC (1997), modificado por BENASSI & ANTUNES (1988). Nesta metodologia o ácido oxálico é usado como solução extratora e se baseia na titulação da amostra com 2,6 diclorofenolindofenol sódio, que apresenta cor rosa em solução ácida e cor azul em solução alcalina. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g da amostra.

3.4.4 – Sólidos totais/Teor de água

Os sólidos totais e o teor de água foram determinados conforme as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005) expressos em percentagem (%).

3.4.5 – Acidez total titulável

Determinou-se a acidez total titulável através método acidimétrico do manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), em que as amostras foram tituladas com solução padronizada de NaOH 0,1N e os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

3.4.6 – Açúcares totais, redutores e não redutores

Os açúcares totais, redutores e não redutores, foram determinados utilizando-se o método de redução alcalina com base na metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.4.7 – Cinzas

O teor de cinzas foi determinado segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005) e os resultados foram expressos em percentagem.

3.4.8 – Cor

As medidas dos parâmetros da cor das amostras foram realizadas utilizando-se o espectrofotômetro MiniScan Hunter Lab XE Plus equipado com iluminante D65, ângulo de observação de 10° e calibrado com placas padrões preta e branca. Obteveram-se valores de L* (luminosidade), a* definido como a transição da cor verde (-a) para a cor vermelha (+a) e b* que representa a transição da cor azul (-b) para a cor amarela (+b).

3.4.9 – Atividade de água

A atividade de água foi determinada utilizando-se o equipamento Aqualab 3TE, da Decagon Devices; a medição foi feita com as amostras a 25 °C.

3.4.10 – Sólidos insolúveis

Os sólidos insolúveis em água foram determinados através da metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005) e os resultados expressos em percentagem (%).

3.4.11 – Fibra bruta

O teor de fibra foi determinado de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005) e os resultados foram expressos em percentagem (%).

3.4.12 – Massa específica

A massa específica foi determinada utilizando-se o método picnométrico na temperatura de 25 °C; o método consiste na medida da massa de um volume conhecido do líquido em um picnometro de 25 mL.

3.5 - Comportamento reológico

Foi estudado o comportamento reológico de 7 amostras correspondendo a uma amostra de polpa integral de mandacaru e das seis amostras de polpa de mandacaru formulada com adição de maltodextrina nas concentrações de 10, 15 e 20%, e com dextroses equivalentes de DE = 10 e na DE = 14.

As leituras, feitas em triplicata das viscosidades aparentes da polpa integral do fruto do mandacaru e das polpas formuladas, foram realizadas na temperatura de 10 °C, através do viscosímetro Brookfield, modelo RV, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, E.U.A, nas velocidades de rotação de 20, 40, 60, 80 e 100 rpm.

Com os valores de torque e das viscosidades aparentes obtidos no viscosímetro, calcularam-se, de acordo com a metodologia de MITSCHKA (1982), as tensões decisalemento e as taxas de deformação.

Os modelos de Ostwald-de-Waelle ou Lei da potência (Equação 3.1), Herschel-Bulkley (Equação 3.2) e Casson (Equação 3.3) foram ajustados às curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para descrever o comportamento reológico da

polpa do fruto do mandacaru e de suas formulações, utilizando-se o programa computacional Statistica versão 5.0.

Ostwald-de-Waelle ou Lei da Potência

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (3.1)$$

Em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

$\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s^{-1})

K - índice de consistência ($Pa \cdot s^n$)

n - índice de comportamento do fluido (adimensional)

Herschel–Bulkley

$$\tau - \tau_{OH} = K \cdot \dot{\gamma}^{nH} \quad (3.2)$$

Em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)

$\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s^{-1})

τ_{OH} - tensão de cisalhamento inicial (Pa)

K_H - índice de consistência ($Pa \cdot s^n$)

n_H - índice de comportamento do fluido (adimensional)

Casson

$$\tau^{\frac{1}{2}} = K_{OC} + K_C \cdot \dot{\gamma}^{\frac{1}{2}} \quad (3.3)$$

Em que:

τ - tensão de cisalhamento (Pa)^{0,5}

$\dot{\gamma}$ – taxa de deformação (s^{-1})^{0,5}

$K_{OC}^2 = \tau_{OC}$ - tensão de cisalhamento inicial (Pa)

K_C - viscosidade plástica de Casson (Pa.s)

Os critérios para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais, foram o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculados pela Equação 3.4.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{exp} - X_{pred}|}{X_{exp}} \quad (3.4)$$

Em que:

P - desvio percentual médio (%)

X_{exp} - valores obtidos experimentalmente

X_{pred} - valores preditos pelo modelo

n - número de dados experimentais

Fez-se a análise estatística dos valores das viscosidades aparentes das polpas formuladas utilizando-se o programa Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2009), em esquema fatorial 5 (velocidades de rotação) x 3 (concentrações de maltodextrina) e três repetições; em seguida foram feitas regressões polinomiais para estimar a viscosidade aparente em função das velocidades de rotação.

3.6 – Caracterização química, física e físico-química das formulações

As seis formulações elaboradas com a polpa do fruto do mandacaru com adição de maltodextrina nas concentrações de 10, 15 e 20% e com dextroses equivalentes de DE = 10 e DE = 14, foram submetidas às análises químicas, físicas e físico-químicas: pH, sólidos solúveis totais (°Brix), ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico/100 g), sólidos totais (%), teor de água (%), acidez total titulável (% ácido cítrico), açúcares totais (% de glicose), açúcares redutores (% glicose) e açúcares não-redutores (% sacarose), cinzas (%), cor (luminosidade, L*; intensidade de vermelho, +a; e intensidade de amarelo, +b, atividade de água, massa específica (kg/m³). Tais análises foram realizadas em triplicata de acordo com as metodologias descritas no item 3.4.

3.6.1 – Análises dos dados

Os resultados obtidos na caracterização química, física e físico-química das polpas de mandacaru formuladas, foram submetidas à análise estatística através do delineamento inteiramente casualizado. As médias foram comparadas com base no Teste de Tukey a 5% de probabilidade, usando-se o programa computacional Assistat versão 7.5 beta (SILVA & AZEVEDO, 2009).

3.7 – Secagem por aspersão

As polpas de mandacaru foram retiradas do freezer e descongeladas até atingir a temperatura ambiente ($\cong 25^{\circ}\text{C}$); a seguir, seis formulações foram elaboradas com a polpa do fruto do mandacaru com adição de maltodextrina nas concentrações de 10, 15 e 20%, e com dextroses equivalentes de $\text{DE} = 10$ e $\text{DE} = 14$. As formulações foram desidratadas em secador por aspersão (*spray drying*), modelo LM MSD 1.0 da marca Labmaq do Brasil com bico aspersor com diâmetro de 1,2 mm, pressão do ar de secagem de 30 L/min, vazão da bomba peristáltica de 0,5 L e temperatura do ar de secagem de 170°C . As secagens duravam em média 90 minutos; em seguida, as amostras em pó foram coletadas da câmara de secagem e do ciclone.

Os cálculos de rendimento seguiram a metodologia de VALERO (2009) expostos na Equação 3.5.

$$\%R = \frac{m_{seca}}{m_{suco\ de\ mandacaru}} \cdot 100 \quad (3.5)$$

Em que:

R – Rendimento do pó (%)

m_{seca} – Amostra em pó (g)

$m_{suco\ de\ mandacaru}$ – Massa da polpa formulada (g)

3.8 – Caracterização química, física e físico-química das amostras em pó

Os produtos em pó foram submetidos à caracterização química, física e físico-química: pH, sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$), ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico/100 g), sólidos totais (%), teor de água (%), acidez total titulável (% ácido cítrico), açúcares totais (% glicose), açúcares redutores (% glicose) e açúcares não redutores (% sacarose), cinzas (%), cor (luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo) e atividade de água. Tais análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas no item 3.4.

3.9 – Avaliação das propriedades físicas das amostras em pó

Nas amostras em pó foram determinados: morfologia das microestruturas, solubilidade, molhabilidade e tempo de reconstituição.

3.9.1 – Morfologia das microestruturas

A análise da morfologia das microestruturas foi feita no microscópio eletrônico de varredura (MEV) Scanning Electron Microscope, da marca Shimadzu SSX – 550 Superscan.

3.9.2 – Solubilidade

Foram adicionados 2 g da amostra em pó a 50 mL de água destilada a temperatura ambiente (25 °C). A mistura foi agitada em um agitador magnético com a solubilidade sendo expressa pelo tempo requerido para o material ser completamente dissolvido.

3.9.3 – Molhabilidade

As determinações de molhabilidade foram feitas através do método Schubert. Pesou-se 1g da amostra vertendo-o em um béquer de 250 mL contendo 100 mL de água a temperatura ambiente. O tempo necessário para o completo desaparecimento do pó da superfície do líquido em repouso foi cronometrado. O cálculo da taxa de molhabilidade foi feito por meio da Equação 3.7.

$$\text{Taxa de molhabilidade} = \frac{m}{t} \quad (3.7)$$

Em que:

m – massa da amostra (g)

t – tempo (min)

3.9.4 – Tempo de reconstituição

As análises de tempo de reconstituição foram feitas utilizando-se o agitador de tubos (Phoenix) com 6 velocidades, no qual foram colocados 3 tubos de ensaio devidamente tampados e acrescidos de 5 mL de água destilada e 1 g da amostra em pó. A cada 15 segundos o procedimento foi interrompido para verificar a dispersão total do pó. O tempo necessário para atingir tal condição foi considerado como tempo de reconstituição.

3.10 – Análise estatística das amostras em pó

As análises químicas, físicas e físico-químicas, tal como as determinações referentes às avaliações das propriedades físicas, exceto morfologia das microestruturas, foram analisadas estatisticamente através do programa computacional Assistat versão 7.5 beta (SILVA & AZEVEDO, 2009). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em

esquema fatorial, com 2 dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14) e três concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%), com 3 repetições. Para a comparação entre as médias utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.11 – Armazenamento do mandacaru em pó

Após analisar a avaliação estatística da caracterização dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos das amostras em pó, selecionaram-se as amostras em pó produzidas com adição de 10% de maltodextrina nas duas dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14), coletadas na câmara de secagem, para sua avaliação durante o armazenamento.

As amostras em pó selecionadas foram colocadas em embalagens laminadas flexíveis compostas 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 , resultando em uma espessura total de aproximadamente 74 μm . As embalagens possuíam 7,5 cm de comprimento e 6,5 cm de largura, contendo aproximadamente 7 g da amostra em pó em cada embalagem, sendo o fechamento feito em uma seladora mecânica.

Os dois tipos de amostras em pó (10% de maltodextrina com DE = 10; 10% de maltodextrina com DE = 14) embaladas foram transferidas para recipientes herméticos contendo solução saturada de brometo de sódio (NaBr) propiciadoras de ambiente com umidade relativa de 57,7% na temperatura de 25 °C. Os recipientes com as amostras foram levados para câmaras do tipo BOD a 25 °C.

As amostras em pó armazenadas sob temperatura (25 °C) e umidade relativa (57,7%) controlada, foram avaliadas no início (tempo 0) e a cada 10 dias, durante 50 dias de armazenamento, com o intuito de avaliar o grau de estabilidade das amostras em pó medindo-se: pH, ácido ascórbico, teor de água, cor (luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo), atividade de água e molhabilidade, conforme as metodologias dos itens 3.4 e 3.9.

3.11.1 – Análise dos dados do armazenamento

A análise estatística dos resultados obtidos durante o armazenamento foi feita com o programa computacional Assistat versão 7.5 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2009). A análise se deu em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 (dextroses equivalentes

- 10 e 14) x 6 tempos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias) e 4 repetições, cuja comparação entre médias foi feita pelo teste de Tukey.

Também foram feitas regressões polinomiais com os dados experimentais analisadas em função do tempo de armazenamento a fim de se estimar a evolução das características avaliadas com o transcorrer do tempo.

3.12 – Isotermas de adsorção de água

Determinaram-se as isotermas de adsorção de água, em triplicata, das amostras em pó coletadas na câmara de secagem produzidas com a polpa do mandacaru para a concentração de 10% de maltodextrina com duas dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Utilizou-se o método estático-indireto, descrito por CAPRISTE & ROTSTEIN (1982) com auxílio do medidor da atividade de água Aqualab 3TE (Decagon).

Os dados experimentais das isotermas de adsorção de água dos produtos em pó foram ajustados aos modelos matemáticos de GAB (Equação 3.7), Peleg (Equação 3.8) e Oswin (Equação 3.9), através da regressão não linear, com uso do programa Statistica, versão 5.0.

GAB

$$X_e = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad (3.7)$$

Em que:

X_e - teor de água de equilíbrio

a_w - atividade de água

X_m - umidade na monocamada molecular

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

Peleg

$$X_e = K_1 \cdot a_w^{n_1} + K_2 \cdot a_w^{n_2} \quad (3.8)$$

Em que:

X_e - teor de água de equilíbrio

a_w - atividade de água

K_1, K_2, n_1, n_2 - constantes do modelo

Oswin

$$X_e = a \left(\frac{a_{wv}}{(1 - a_{wv})} \right)^b \quad (3.9)$$

Em que:

X_e – teor de água de equilíbrio

a_{wv} - atividade de água

a e b – parâmetros de ajuste do modelo

Os critérios utilizados para determinar os melhores ajustes dos modelos às isotermas de adsorção de água, foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P) conforme a Equação 3.10.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{exp} - X_{pred}|}{X_{exp}} \quad (3.10)$$

Em que:

P - desvio percentual médio (%)

X_{exp} - valores obtidos experimentalmente

X_{pred} - valores preditos pelo modelo

n - número de dados experimentais

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Polpa do fruto do mandacaru integral

4.1.1 – Caracterização química, física e físico-química

Na Tabela 4.1 se apresentam os valores médios e os desvios padrão da caracterização química, física e físico-química da polpa do fruto do mandacaru integral.

Tabela 4.1 - Caracterização química, física e físico-química da polpa integral do fruto do mandacaru

Parâmetro	Média e desvio padrão
pH	4,41±0,02
Sólidos solúveis totais (°Brix)	8,47±0,06
Ácido ascórbico (mg/100 g)	0,821±0,001
Sólidos totais (%)	10,19±0,52
Teor de água (% b.u.)	89,81±0,52
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,225±0,019
Açúcares totais (% glicose)	9,92±0,34
Açúcares redutores (% glicose)	7,95±0,17
Açúcares não redutores (% sacarose)	1,87±0,19
Cinzas (%)	0,314±0,003
Luminosidade (L*)	15,24±0,30
Intensidade de vermelho (+a*)	1,67±0,12
Intensidade de amarelo (+b*)	2,10±0,004
Atividade de água (a _w)	0,996±0,002
Sólidos insolúveis em água (%)	0,2585±0,0005
Fibra bruta (%)	0,1656±0,01
Massa específica (kg/m ³)	1.038,80±0,01

Observa-se que o resultado encontrado para o pH na polpa de mandacaru foi 4,41 estando na mesma faixa, pH = 4,40, determinados por SILVA & ALVES (2009) e inferior aos valores encontrados por OLIVEIRA et al. (2004), CANUTO et al. (2012) e por BAHIA et al. (2012), 4,52; 4,97 e 4,60, respectivamente e superior ao valor encontrado por MELO (2008) que foi 4,36, quando comparados experimentalmente com a polpa do mesmo fruto.

Os sólidos solúveis totais (SST) são os compostos que se misturam ou se dissolvem no suco da fruta, formados principalmente por açúcares, que dão o sabor doce, e ácidos (ALMEIDA et al., 2009). Comparando os sólidos solúveis totais determinados para a polpa integral do fruto do mandacaru (8,47 °Brix) verifica-se que foram inferiores aos valores obtidos por ALMEIDA et al (2009), MELO (2008), ALMEIDA (2007), OLIVEIRA et al. (2004) e por BAHIA et al.(2012) para o mesmo fruto, que foram de 10,50-11,50; 10,69; 11,00; 12,17 e 14,1 °Brix, respectivamente. Essas variações no teor de sólidos solúveis totais podem ocorrer em razão das diferentes espécies, cultivar, estágio de maturação e clima, dentre outros fatores (CHITARRA & CHITARRA, 2005); ainda segundo o mesmo autor; em geral, as frutas apresentam, quando maduras, valores médios de sólidos solúveis entre 8 e 14 °Brix.

Observa-se que o teor de ácido ascórbico (0,821 mg/100 g) foi inferior aos resultados obtidos por OLIVEIRA et al. (2004), 1,48 mg/100 g, e por MELO (2008) que quantificaram um teor de 4,30 mg/100 g, cinco vezes maior para o mesmo fruto. Valores baixos de ácido ascórbico também foram encontrados nos frutos da ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*) com cerca de 2 mg/100 g (MORTON, 2004), na polpa de xique-xique com cerca de 0,28 mg/100 g (ALMEIDA et al., 2007) e de 0,34-1 mg/100 g em polpas de facheiro (LIMA et al., 2005). Para NOGUEIRA et al. (2002), o conteúdo de ácido ascórbico pode aumentar ou diminuir durante o amadurecimento, dependendo do fruto; o decréscimo de ácido ascórbico é atribuído à maior atuação da enzima ácido ascórbico oxidase (ascorbato oxidase).

O teor de sólidos totais encontrados no fruto do mandacaru foi 10,19%; portanto, superior ao valor estimado por MELO (2008) de 9,29% para o mesmo fruto.

O resultado de teor de água, 89,81%, apontou uma aproximação com os resultados encontrados por MELO (2008) e ALMEIDA et al. (2009) de 90,71 e de 90,54-90,24, respectivamente; inferior ao encontrado por OLIVEIRA et al. (2004) de 93,77%; e superior aos de BAHIA et al. (2012) de 83,29%, e CANUTO et al. (2012) estabelecido em 86,68% para o mesmo fruto e ao de OLIVEIRA et al. (2011) que foi 80,45% para o fruto da palma. Este mesmo resultado apresentou-se próximo ao figo-da-índia determinado por GALDINO (2011) de 89,97%.

A acidez total titulável do fruto do mandacaru foi 0,225% próxima aos valores apresentados por MELO (2008) estabelecidos em 0,2236%, superior ao determinado por OLIVEIRA et al. (2004) estabelecido em 0,2110%, enquanto CANUTO et al. (2012) encontraram 3,00% para o mesmo fruto.

No geral, o teor médio de açúcares simples no fruto maduro varia de 5 a 10%. A proporção entre os açúcares é responsável pelo grau de doçura no fruto; como o poder adoçante de cada açúcar é diferente, torna-se importante a determinação individual de cada um deles para a caracterização do sabor (CHITARRA & CHITARRA, 2005); o fruto do mandacaru mostrou estar dentro dos parâmetros delineados. Analisando os dados de açúcares totais observa-se que a polpa do fruto do mandacaru apresentou um conteúdo (9,92%) superior ao valor apresentado por CANUTO et al. (2012) em 5,96% para o mesmo fruto e inferior aos determinados por BARBOSA et al. (2006) que foi 13,45% e por GALDINO (2011) para a polpa do figo-da-índia que foi de 12,13%. O conteúdo de açúcares redutores mostrou-se inferior (7,95%) quando comparado com os conteúdos obtidos para o mesmo fruto por outros autores, como OLIVEIRA et al. (2004) que foi 9,54%, BARBOSA et al. (2006) que foi 11,43%, MELO (2008) que foi 10,88%, ALMEIDA et al. (2009) que variou entre 9,92 e 10,40% e por BAHIA et al. (2012) que foi 10,4296%; no entanto, superior aos valores estimados por SILVA & ALVES (2009) que ficou na faixa entre 5-6% e por CANUTO et al. (2012) de 5,64%. Tal resultado demonstrou semelhança em relação ao figo-da-índia estabelecido por OLIVEIRA et al. (2011) de 7,2754%, e inferior aos de GALDINO (2011) de 8,51% de glicose.

Os açúcares não redutores apresentaram um valor inferior (1,87% sacarose) quando comparado com o de BARBOSA et al. (2006) que foi 2,02% e o de BAHIA et al. (2012) que foi 2,9352% de sacarose para o mesmo fruto. Usualmente, a concentração de sacarose diminui, ao passo que a de açúcares redutores aumenta com o avanço da maturação, tanto nos frutos climatéricos como nos não-climatéricos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O teor de cinzas encontrado foi de 0,314%, superior, portanto, aos valores expressos por OLIVEIRA et al. (2004) avaliados em 0,2651% e inferior ao de MELO (2008) que foi de 0,3305%, ao de BAHIA et al. (2012), cujo resultado foi 0,4814% e ao de CANUTO et al. (2012) de 0,46%, todos relacionados ao fruto do mandacaru.

Os parâmetros referentes à cor, expressos pela luminosidade (L^*) foi de 15,24, a intensidade de vermelho (+a) 1,67 e a intensidade de amarelo (+b) 2,10 mostraram-se discrepantes aos dados de MELO (2008), cujos valores para luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo foram, respectivamente, 33,06; 0,54 e 1,77. Apesar dessas diferenças, nota-se que, de forma geral, a polpa do mandacaru apresenta predominância pela intensidade do amarelo (+b). O valor encontrado para a luminosidade da polpa do mandacaru, denota escurecimento enzimático; tal escurecimento ocorre sobretudo após danos causados

pelos tecidos durante os processos de colheita, transporte, ou quando são expostos ao ar após terem sido cortados, fatiados ou esmagados, para posterior processamento permitindo o contato entre a enzima e os compostos fenólicos que podem resultar na formação de compostos escuros (MDLULI, 2005).

A atividade de água é fator preponderante na qualidade e na estabilidade do material; no caso da polpa do mandacaru apresentou teor elevado de 0,996, condição ideal para reações químicas e desenvolvimento microbiano (RIBEIRO & SERAVALLI, 2004). Resultados inferiores foram encontrados por GALDINO (2011) para a polpa do figo-da-índia estipulado em 0,976 e OLIVEIRA et al. (2010) para a polpa de cupuaçu, com 0,980.

O resultado de sólidos insolúveis foi de 0,2585%, superior aos resultados obtidos por MELO (2008) para o mesmo fruto, 0,1063%.

O teor de fibra bruta encontrado na polpa do fruto de mandacaru foi relativamente baixo (0,1656%) quando comparado com BAHIA et al. (2012), 0,88% para o mesmo fruto.

A massa específica da polpa do mandacaru na temperatura de 25 °C foi 1.038,80 kg/m³ semelhante ao valor encontrado por MELO (2008) de 1.034,14 kg/m³ para o mesmo fruto e na mesma temperatura; no entanto, foi inferior ao da polpa de pitanga caracterizada por OLIVEIRA et al. (2006) de 1.192,3 kg/m³.

4.1.2 – Comportamento reológico

Na Tabela A.1 (Apêndice A) estão os resultados experimentais das viscosidades aparentes, tensão de cisalhamento e taxa de deformação da polpa integral do fruto do mandacaru na temperatura de 10 °C, em diferentes velocidades de rotação.

A Figura 4.1 revela, graficamente, os dados experimentais da viscosidade aparente (mPas) da polpa integral do fruto do mandacaru na temperatura de 10 °C, em função da velocidade de rotação (rpm). Observa-se que o aumento da velocidade de rotação acarretou diminuição da viscosidade aparente cujo decréscimo percentual foi 51,01% na velocidade de 100 rpm em relação à de 20 rpm. Comportamento semelhante foi observado por MELO (2008) para o mesmo fruto na temperatura de 25 °C e nas mesmas velocidades de rotação, com diminuição da viscosidade de 41,05%; por GRANJEIRO et al. (2007) e por GALDINO (2011) para a polpa do figo-da-índia integral nas temperaturas de 20 e 25 °C, respectivamente, e por EVANGELISTA et al. (2003) para a polpa do umbu.

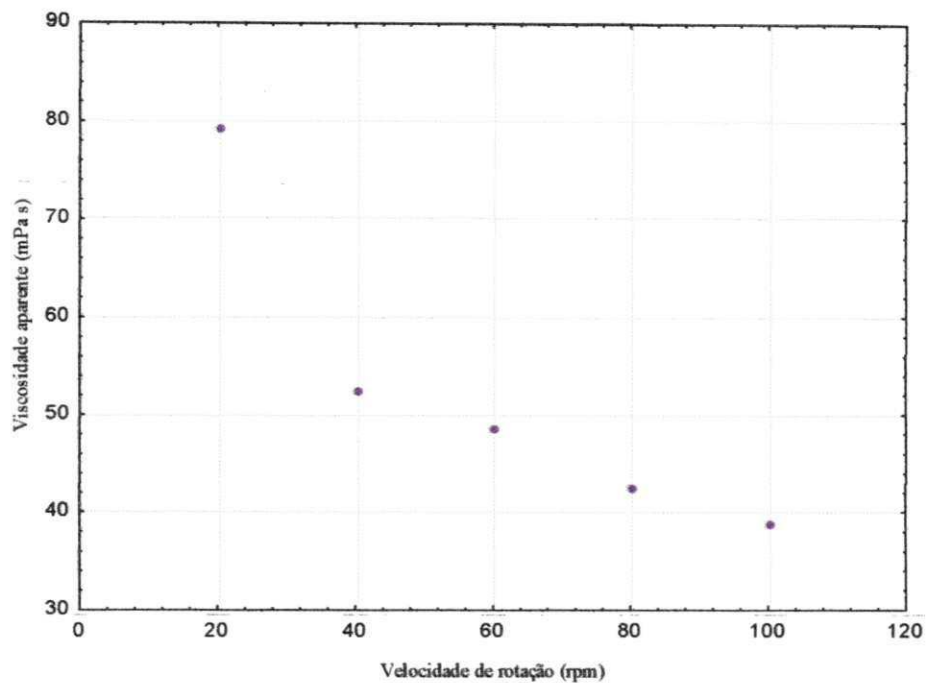


Figura 4.1 – Viscosidade aparente (mPa s) da polpa integral do fruto do mandacaru em função da velocidade de rotação (rpm) na temperatura de 10 °C

Verificam-se, na Tabela 4.2, os valores dos parâmetros dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Herschel-Bulkley e Casson, ajustados aos dados experimentais da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da polpa do mandacaru integral na temperatura de 10 °C, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Tabela 4.2 – Parâmetros dos modelos reológicos, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa integral do fruto do mandacaru a 10 °C

Modelo	Parâmetro		R^2	P(%)
Ostwald-de-Waelle	K	n	0,9993	1,79
	0,1172	0,8455		
Herschel-Bulkley	τ_{0H}	K_H	0,9993	1,72
	-0,0205	0,1233		
		n_H		
Casson	K_{oc}	K_C	0,9986	2,71
	0,2051	0,0622		

Pode-se constatar que todos os modelos apresentaram coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99 e desvios percentuais médios (P) abaixo de 2,8%. Tais valores demonstram ótima precisão experimental de todos os modelos reológicos utilizados para a polpa integral do fruto do mandacaru; todavia, o modelo de Herschel-Bulkley teve melhor ajuste devido o menor desvio percentual médio (P) e o maior coeficiente de determinação (R^2). DINIZ (2009) obteve, avaliando o comportamento reológico da manga Ubá nas temperaturas de 10, 25, 40, 55 e 70 °C e em diferentes concentrações de sólidos solúveis totais (10, 15, 20, 25 e 30 °Brix) para o modelo de Herschel-Bulkley coeficientes de determinação na faixa de 0,999; SILVA (2008) ao estudar a polpa de jenipapo em diferentes concentrações de sólidos solúveis (6,0; 7,5; 9,0 e 10,5%) em temperaturas entre 10-60 °C e, ao aplicar os modelos de Ostwald-de-Waelle, Herschel-Bulkley, Casson, Mizrahi-Berk e Plástico de Bingham, verificou que o de Bingham e Herschel-Bulkley tiveram R^2 superiores a 0,90; FERREIRA et al. (2008) obtiveram, ao avaliar o comportamento reológico da polpa integral de cupuaçu nas temperaturas de 10 a 60 °C, coeficientes de determinação entre 0,96–0,99 para o modelo de Ostwald-de-Waelle. HAMINIUK et al. (2011) obtiveram, estudando suco de frutas vermelhas combinadas (morango, amora-preta e framboesa) centrifugado nas temperaturas de 20 e 60 °C ao ajustar o modelo de Casson, R^2 variando entre 0,96-0,99 a 20 °C, e 0,91-0,99 a 60 °C apresentando comportamento newtoniano, justificado pela remoção de sólidos insolúveis.

Os valores referentes ao índice de escoamento do fluido (n e n_H) foram menores que 1, evidenciando a classificação da polpa do fruto do mandacaru integral como fluido não-newtoniano de caráter pseudoplástico. Para TORALLES et al.(2006), a maior ou menor pseudoplasticidade pode ser identificada de acordo com o valor de n : quanto mais próximo de zero, maior pseudoplasticidade apresenta o produto. Este comportamento corrobora com os resultados encontrados por MELO (2008) para o mesmo fruto, na temperatura de 25 °C, e com RIGO et al. (2010) ao avaliarem a polpa integral de butiá na faixa de temperatura de 10 a 60 °C.

O índice de consistência (K) do modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência) indica o grau de resistência do fluido ao escoamento (MACHADO, 2002). Verifica-se, através dos valores de K, que a polpa integral do fruto do mandacaru é um fluido pouco consistente mediante o baixo valor expressado por este.

Nas Figuras A.1 e A.2 (Apêndice A) tem-se os reogramas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da polpa integral do fruto do mandacaru com ajuste aos modelos de Otswald-de-Waelle e Casson.

Na Figura 4.2 tem-se o reograma dos dados da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação com ajustes pelo modelo de Herschel-Bulkley, denotado como o melhor modelo quando comparado com os modelos de Otswald-de-Waelle e Casson, no qual se evidencia que, com o aumento da taxa de deformação, promoveu um aumento na tensão de cisalhamento, reafirmando tratar-se de um fluido não-newtoniano com características pseudoplásticas. SATO & CUNHA (2007) também obtiveram, ao avaliar o comportamento reológico da polpa da jabuticaba integral em diferentes temperaturas (5, 25, 45, 65 e 85 °C), o melhor ajuste com o modelo de Herschel-Bulkley com R^2 variando entre 0,985 a 0,997.

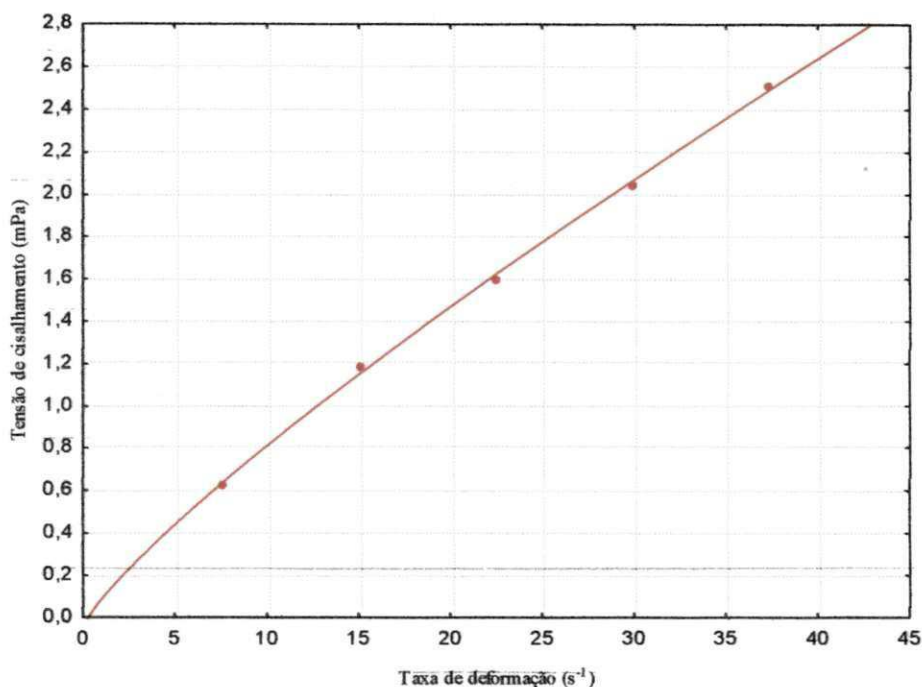


Figura 4.2 – Relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação da polpa do fruto do mandacaru integral com ajuste pelo modelo Herschel-Bulkley

4.2 – Formulações

4.2.1 – Caracterização química, física e fisico-química

No Apêndice B se apresentam as Tabelas B.1 a B.15, com as análises de variância dos parâmetros químicos, físicos e fisico-químicos das diferentes formulações. Nota-se que houve

efeito significativo da concentração de maltodextrina sobre as formulações a 1% de probabilidade pelo teste F para os parâmetros pH, sólidos solúveis totais, sólidos totais, teor de água, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, cinzas, luminosidade, intensidade de amarelo, atividade de água e massa específica; houve efeito significativo a 5% de probabilidade para a acidez total titulável e a intensidade de vermelho; mas não houve efeito significativo para o ácido ascórbico.

Na Tabela 4.3 estão expressos os valores médios e os desvios padrão encontrados na caracterização química, física e físico-química das diferentes formulações elaboradas com a polpa do fruto do mandacaru adicionada de maltodextrina (DE = 10 e DE = 14) em diferentes concentrações (10, 15 e 20%).

Observa-se que os dados experimentais referentes à caracterização química, física e físico-química das polpas de mandacaru formuladas foram modificados pela maltodextrina quando comparados com a da polpa integral do mandacaru.

Verifica-se, na Tabela 4.3, que o pH apresentou pequenas diferenças, com pequenas oscilações entre as concentrações, que não permitiram adotar um comportamento padrão. TANAKA (2007) obteve, ao caracterizar o suco de acerola com 14% de maltodextrina após homogeneização e antes da secagem no *spray drying*, um pH de 4,43, sendo superior ao valor analisado sem maltodextrina (3,19), um aumento de 27,99%; fato semelhante ocorreu com CALEGUER & BENASSI (2007) ao adicionarem goma acácia aos formulados de refresco de laranja, em que o pH aumentou em relação ao valor padrão sem goma acácia.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) apresentou aumento significativo com o aumento da concentração de maltodextrina, tanto nas formulações com DE = 10 quanto nas de DE = 14, passando de 16,43 °Brix na concentração de 10% para 19,43 °Brix na concentração de 15% e desta para 24,43 °Brix na concentração de 20%; valores bem maiores que na polpa integral, que foi 8,47 °Brix; entretanto, não houve diferença entre as dextroses equivalentes (DE) para uma mesma concentração de maltodextrina mas ficou evidente a influência do aumento da concentração de maltodextrina sobre o teor de SST dentro de cada dextrose.

Tabela 4.3 - Caracterização física, química e físico-química das diferentes formulações elaboradas com a polpa do fruto de mandacaru adicionada com maltodextrina (DE = 10 e DE = 14) em diferentes concentrações (10, 15 e 20%)

Parâmetros	Média e desvio padrão					
	Concentração (DE = 10)			Concentração (DE = 14)		
	10%	15%	20%	10%	15%	20%
pH	4,46±0,01	4,47±0,01	4,43±0,01	4,44±0,01	4,39±0,01	4,32±0,01
Sólidos solúveis totais (°Brix)	16,43±0,06 c	19,43±0,06 b	24,43±0,06 a	16,43±0,06 c	19,43±0,06 b	24,43±0,06 a
Ácido ascórbico (mg/100 g)	0,62±0,004 a	0,62±0,001 a	0,62±0,003 a	0,62±0,003 a	0,62±0,002 a	0,62±0,002 a
Sólidos totais (%)	21,29±0,22 d	23,86±0,51 c	27,78±0,20 a	20,20±0,26 e	25,05±0,27 b	28,12±0,32 a
Teor de água (%b.u)	78,71±0,22 b	76,14±0,51 c	72,22±0,20 e	79,81±0,26 a	74,95±0,27 d	71,88±0,32 e
Acidez total titulável (%ácido cítrico)	0,2197±0,008 a	0,2095±0,004 a	0,2061±0,008 a	0,2209±0,01 a	0,2164±0,07 a	0,2111±0,001 a
Açúcares Totais (% glicose)	10,12±0,23 e	11,33±0,39 cd	13,37±0,46 b	10,55±0,23 de	12,07±0,24 c	14,70±0,27 a
Açúcares redutores (% glicose)	7,96±0,13 d	8,63±0,30 cd	10,03±0,35 b	8,23±0,28 b	9,11±0,15 c	11,10±0,20 a
Açúcares não redutores(% sacarose)	2,05±0,11 e	2,56±0,09 cd	3,18±0,11 ab	2,20±0,11 de	2,82±0,13 bc	3,42±0,38 a
Cinzas (%)	0,3326±0,032 a	0,2819±0,008 bc	0,2682±0,0068 bc	0,3137±0,0153 ab	0,2811±0,023 bc	0,2452±0,0086 c
Luminosidade (L*)	22,74 ±0,05 c	22,94 ±0,03 b	22,07 ± 0,02 f	22,29 ± 0,01 d	22,18 ± 0,03 e	24,11 ± 0,02 a
Intensidade de vermelho (+a)	6,78 ±0,06 a	6,59 ± 0,30 a	6,87± 0,24 a	7,11 ± 0,06 a	7,11 ± 0,06 a	6,78± 0,25 a
Intensidade de amarelo (+b)	13,13±0,08 b	13,47±0,04 a	13,13±0,04 b	12,36±0,02 c	12,21 ± 0,10 c	10,21±0,21 b
Atividade de água (a _w)	0,998±0,001a	0,995±0,001 b	0,995± 0,001 b	0,996± 0,001 ab	0,995±0,001 b	0,994±0,001 b
Massa específica (kg/m ³)	1091,163±0,002 d	1117,343±0,001 b	1149,827± 0,002 a	1047,627± 0,001 f	1075,627±0,001 e	1108,55 ±0,001 c

Obs: As médias seguidas das mesmas letras nas linhas não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os parâmetros ácido ascórbico e acidez total titulável, foram estatisticamente iguais nas seis formulações. Comportamento semelhante para o ácido ascórbico foi verificado por PINTO (2009) ao estudar a polpa de jenipapo formulada com maltodextrina em diferentes concentrações (5, 10, 15 e 20%), constatando-se diminuição no teor de ácido ascórbico nas polpas formuladas em relação à fruta *in natura* e também não foram constatadas diferenças no teor de ácido ascórbico nas polpas formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina. Ainda segundo este autor, ocorreu tendência de diminuição da acidez com o aumento da concentração de maltodextrina, contrário ao verificado neste trabalho.

O teor de sólidos totais aumentou com o aumento da concentração de maltodextrina nas duas DE utilizadas enquanto o teor de água diminuiu nessas mesmas condições. DINIZ et al. (2003) perceberam, ao avaliar a polpa de acerola integral e em diferentes concentrações de sólidos solúveis totais (10, 13, 16, 19 e 22 °Brix) um comportamento parecido. Comportamento similar foi verificado por MELO et al. (2008a) ao determinarem os valores dos teores de água das formulações elaboradas com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina (DE = 10) nas concentrações de 10 e 15%, e quantificaram os teores de água de 82,43 e 78,33%, respectivamente, concluindo que o aumento da concentração de maltodextrina reduziu o conteúdo de água das formulações.

Em relação aos açúcares totais, os valores encontrados foram maiores que na polpa de mandacaru integral, em função da elevada concentração de maltodextrina; associado a este fato, nota-se o aumento gradativo deste parâmetro com o aumento da concentração de maltodextrina, tanto na DE = 10 quanto na DE = 14. Observa-se que, estatisticamente, nas amostras com concentração de 20% de maltodextrina com DE = 10 e DE = 14 houve diferença significativa com o maior valor na DE = 14. MELO et al. (2008b) que estudando a polpa de bacurí formulada (70% de polpa de bacurí, 30% de leite e 14% de açúcar) obtiveram um valor médio de açúcares totais de 15,77% de glicose, sendo superior aos das médias resultantes neste trabalho.

Os açúcares redutores aumentaram com o aumento da concentração de maltodextrina dentro de cada DE. GALDINO (2011) chegou à mesma conclusão, ao analisar a polpa de figo-da-índia adicionada com 25, 30 e 35% de maltodextrina (DE = 10), ao passo que OLIVEIRA et al. (2006) concluíram o inverso na polpa de pitanga formulada que, apesar de conter maltodextrina devido à adição de água destilada, constaram a diluição dos açúcares redutores presentes na amostra.

Os açúcares não redutores apresentaram o mesmo comportamento dos demais, isto é, aumentaram com o aumento da concentração de maltodextrina. Verifica-se que os

valores determinados dos açúcares não redutores com a mesma concentração de maltodextrina quando confrontados entre as DE se mostraram estatisticamente iguais. Em relação à polpa integral (1,87% sacarose) os açúcares redutores das formulações foram superiores.

Analisando os teores de cinzas observa-se que, avaliando-se separadamente cada DE, tem-se uma tendência de diminuição deste parâmetro com o aumento da concentração de maltodextrina. Divergente a tal contexto GOMES (2009) verificou, para a polpa de buriti formulada com adição de 5, 10 e 15% de maltodextrina (DE = 10) que as cinzas aumentaram com o aumento do aditivo passando de 0,31 a 0,37% e na DE = 14 os dados permaneceram constantes na faixa de 0,42%.

Verifica-se que o parâmetro luminosidade (L^*) diferiu estatisticamente entre si quando comparadas as seis formulações; no entanto, em avaliação das concentrações dentro de cada DE, aponta-se a concentração de 15% de maltodextrina (DE = 10) como tendo o maior valor experimental e na DE = 14 a de 20% de maltodextrina. Comparando-se as formulações com a polpa integral, os resultados detectados foram maiores indicando que houve um clareamento da amostra com a adição de maltodextrina; o inverso ocorreu com OLIVEIRA et al. (2006) observando diminuição da luminosidade de 28,69 (polpa de pitanga integral) para 26,38 (polpa de pitanga formulada com 15% de maltodextrina + 30% de água destilada).

Os valores da intensidade de vermelho (+a) foram todos estatisticamente iguais. Para GOMES (2009) a polpa de buriti formulada com concentrações de 5, 10 e 15% de maltodextrina nas dextroses equivalentes de 10 e 14 tendeu ao aumento com o aumento da dextrose nas concentrações de 5 e 15% enquanto nas soluções com 10% do aditivo não houve influência com o aumento da dextrose.

A intensidade de amarelo (+b) das amostras com DE = 14 apresentou pequena tendência à diminuição com o aumento da concentração de maltodextrina e para as amostras com DE = 10 os valores foram muito próximos. As médias da intensidade de amarelo (+b) das formulações foram superiores quando confrontadas com a polpa (2,10), comprovando que o aumento da intensidade de amarelo foi diretamente influenciado pela adição de maltodextrina, sendo maior na DE = 10. OLIVEIRA et al. (2006) encontraram, ao comparar a polpa integral de pitanga com a polpa formulada com 15% de maltodextrina e 30% de água destilada, os maiores valores de luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (+a) e intensidade de amarelo (+b) na amostra integral.

A atividade de água se manteve praticamente constante entre as concentrações nas duas DE, pois o decréscimo observado entre as concentrações na DE = 14 foi desprezível em virtude da proximidade dos valores, não apresentando relevância estatística no contexto geral. Os valores se mostraram compatíveis com o obtido na polpa integral do mandacaru 0,996. GALDINO (2011) não apontou nenhuma alteração entre a polpa integral de figo-da-índia e a polpa adicionada de maltodextrina.

A massa específica sofreu influência significativa da concentração de maltodextrina e da dextrose equivalente apresentando valores estaticamente diferentes entre todas as amostras. Corroborando com MELO et al. (2008) em cujas soluções elaboradas com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina (5, 10 e 15%), a 20 °C, verificaram aumento da massa específica com aumento da concentração de maltodextrina de 13,97; 29,02 e 45,34 kg/m³, respectivamente, em relação às amostras com 0% de maltodextrina.

4.2.2 – Comportamento reológico

Nas Tabelas B.16 e B.17 (Apendice B) se encontram as análises de variância dos valores das viscosidades aparentes a 10 °C das formulações, em função da concentração de maltodextrina, da velocidade de rotação e da interação entre concentração e velocidade. Observa-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para todas as fontes de variação e interação.

A Tabela 4.4 expressa os dados experimentais das viscosidades aparentes a 10 °C da polpa formulada de mandacaru com diferentes concentrações de maltodextrina, nas dextroses equivalentes de 10 e 14, e diferentes velocidades de rotação.

Avaliando as viscosidades aparentes da polpa de mandacaru formulada com concentrações de maltodextrina diferentes e dextroses equivalentes distintas, nota-se diminuição das viscosidades com o aumento da velocidade de rotação corroborando com a polpa do fruto integral analisada, cujo comportamento foi de um fluido não-newtoniano pseudoplástico. Concomitante a este contexto, RODRIGUES et al. (2007) estudando formulações elaboradas com frutas de mirtilo + água potável + açúcar + goma xantana + ácido cítrico, também notaram comportamento pseudoplástico. Similarmente, SCREMIN (2007) analisando a polpa de goiaba pasteurizada apontou um comportamento não-newtoniano de caráter pseudoplástico na faixa de temperatura entre 8 e 85 °C. REUL et al. (2009) perceberam, verificando as viscosidades aparentes da polpa de figo-da-índia com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) diminuição com o aumento da velocidade de rotação e da temperatura.

Além disto é notável o aumento das viscosidades aparentes com o aumento da concentração de maltodextrina, em cada DE, em razão de que com o aumento do teor de carboidratos em sucos ocasiona aumentos na viscosidade aparente (MOURA et al., 2005).

Tabela 4.4 – Valores experimentais médios das viscosidades aparentes (mPa s), a 10°C, das polpas formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina nas DE = 10 e DE = 14, em função da velocidade de rotação (rpm)

DE = 10					
Conc. de maltodextrina (%)	Velocidade de rotação (rpm)				
	20	40	60	80	100
10	134,40 cA	106,20 cB	95,90 cC	84,10 cD	79,60 cE
15	135,60 bA	110,40 bB	102,00 bC	97,70 bD	92,00 bE
20	158,30 aA	131,00 aB	122,90 aC	114,70 aD	108,00 aE
DE = 14					
Conc. de maltodextrina (%)	Velocidade de rotação (rpm)				
	20	40	60	80	100
10	119,90 cA	93,60 cB	84,10 cC	77,60 cD	73,30 cE
15	121,40 bA	95,10 bB	85,70 bC	79,20 bD	75,10 bE
20	130,20 aA	105,20 aB	95,20 aC	88,90 aD	85,10 aE

Para DE = 10: DMS para as colunas = 1,07; DMS para as linhas = 1,26; MG = 111,52, CV% = 0,47. Para DE = 14: DMS para as colunas = 0,28; DMS para as linhas = 0,34; MG = 93,97, CV% = 0,15. MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação e DMS: desvio mínimo significativo. Obs: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Estatisticamente, ocorreram diferenças significativas com o aumento da concentração de maltodextrina nas viscosidades aparentes das formulações, em todas as velocidades de rotação, a nível de 1% de probabilidade, de acordo com o teste F. Observa-se redução da viscosidade aparente na velocidade de rotação de 100 rpm em relação a 20rpm, na DE = 10, estimada em 40,77; 32,16 e 31,78%, respectivamente, nas concentrações de 10, 15 e 20% de maltodextrina; na DE = 14 os valores apontados foram 38,87; 38,14 e 34,64%, também nas concentrações de 10, 15 e 20%. Percebe-se um

aumento da viscosidade aparente na concentração de 20% em relação à de 10% de maltodextrina; na DE = 10 este aumento foi de 17,78; 23,58; 28,15; 36,36 e 40,99% nas velocidades de rotação de 20, 40, 60, 80 e 100 rpm, respectivamente; o aumento da concentração de 10% em relação a de 20% de maltodextrina, foi 8,42; 12,39; 13,19; 14,56 e 16,09% para as velocidades de rotação de 20, 40, 60, 80 e 100 rpm, respectivamente.

Nas Tabelas B.18 a B.23 (Apêndice B) se apresentam as análises de variância das regressões polinomiais das viscosidades aparentes a 10 °C, das polpas de mandacaru formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE = 10 e DE = 14). Nota-se efeito significativo para todas as equações polinomiais a 1% de probabilidade pelo teste F, exceto a equação de 4º grau da concentração de 15% de maltodextrina (DE = 10) que foi estatisticamente significativa a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.5 se encontram as equações de regressão polinomiais significativas das viscosidades aparentes das formulações em diferentes concentrações de maltodextrina (10,15 e 20%) e em diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14), na temperatura de 10 °C, em função da velocidade de rotação. Pode-se verificar que as equações de 4º, 3º e 2º graus apresentaram, em todas as formulações, os melhores ajustes aos dados experimentais com coeficientes de determinação estimados acima de 0,9, exceto na concentração de 15% (DE = 10), cujo coeficiente de determinação na equação de 4º grau apresentou ótimo ajuste aos dados, alcançando 1,000. As equações de 1º grau expressaram R² satisfatórios com valores acima de 0,8 em todas as amostras, exceto na concentração de 10% (DE = 10), cujo R² apontou um ajuste melhor acima de 0,9.

Tabela 4.5 – Equações de regressão decorrentes dos cálculos das viscosidades aparentes, a 10 °C, em função da velocidade de rotação

DE = 10		
Conc. de malto (%)	Equação	R ²
10	$\eta = 139,55 - 0,6585V^{**}$	0,909
	$\eta = 162,5 - 1,6420V + 8,1964 \times 10^{-3}V^{2**}$	0,988
	$\eta = 177,3399 - 2,6844V + 2,8071 \times 10^{-2}V^2 - 1,1041 \times 10^{-4}V^{3**}$	0,994
	$\eta = 228,0999 - 7,4683V + 0,1736V^2 - 1,8729 \times 10^{-3}V^3 + 7,3437 \times 10^{-6}V^{4**}$	0,999
15	$\eta = 137,51 - 0,4995V^{**}$	0,856
	$\eta = 159,06 - 1,4230V + 7,6964 \times 10^{-3}V^{2**}$	0,970
	$\eta = 184,5399 - 3,2127V + 4,1821 \times 10^{-2}V^2 - 1,8958 \times 10^{-4}V^{3**}$	0,999
	$\eta = 197,4999 - 4,4341V + 7,8999 \times 10^{-2}V^2 - 6,3958 \times 10^{-4}V^3 + 1,8749 \times 10^{-6}V^{4**}$	1,000
20	$\eta = 162,05 - 0,5845V^{**}$	0,896
	$\eta = 182,6 - 1,4652V + 7,3392 \times 10^{-3}V^{2**}$	0,975
	$\eta = 207,3799 - 3,2057V + 4,0526 \times 10^{-2}V^2 - 1,8437 \times 10^{-4}V^{3**}$	0,995
	$\eta = 244,9999 - 6,7512V + 0,1484V^2 - 1,4906 \times 10^{-3}V^3 + 5,4427 \times 10^{-6}V^{4**}$	0,999
DE = 14		
Conc. de malto (%)	Equação	R ²
10	$\eta = 122,46 - 0,5460V^{**}$	0,867
	$\eta = 145,96 - 1,5531V + 8,3928 \times 10^{-3}V^{2**}$	0,982
	$\eta = 166,3999 - 2,9888V + 3,5767 \times 10^{-2}V^2 - 1,5208 \times 10^{-4}V^{3**}$	0,998
	$\eta = 189,7999 - 5,1941V + 0,1028V^2 - 9,6458 \times 10^{-4}V^3 + 3,3854 \times 10^{-6}V^{4**}$	0,999
15	$\eta = 123,85 - 0,5425V^{**}$	0,865
	$\eta = 147,5 - 1,5560V + 8,4464 \times 10^{-3}V^{2**}$	0,982
	$\eta = 167,8 - 2,9819V + 3,5633 \times 10^{-2}V^2 - 1,5104 \times 10^{-4}V^{3**}$	0,998
	$\eta = 192,0999 - 5,2720V + 0,1053V^2 - 9,9479V^3 + 3,5156 \times 10^{-6}V^{4**}$	0,999
20	$\eta = 132,87 - 0,5325V$	0,870
	$\eta = 155,92 - 1,520V + 8,2321 \times 10^{-3}V^{2**}$	0,986
	$\eta = 173,4199 - 2,7495V + 3,1669 \times 10^{-2}V^2 - 1,3020 \times 10^{-4}V^{3**}$	0,998
	$\eta = 191,5999 - 4,4629V + 8,3822 \times 10^{-2}V^2 - 7,6145 \times 10^{-4}V^3 + 2,6302 \times 10^{-6}V^{4**}$	0,999

η – Viscosidade aparente (mPa s); V – Velocidade de rotação (rpm); ** Significativo a 1% pelo teste F; * Significativo a 5% pelo teste F

Na Tabela 4.6 tem-se os valores dos parâmetros reológicos dos modelos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Herschel-Bulkley e Casson, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P) para as polpas de mandacaru elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14) na temperatura de 10 °C.

Com base nos resultados expressos pelo R^2 observa-se que todos os modelos se ajustaram bem aos dados experimentais, com $R^2 > 0,99$ e $P < 6,5\%$. Embora todos os modelos testados possam ser usados para representar graficamente as polpas formuladas, o modelo de Herschel-Bulkley foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das amostras com DE = 10 e DE = 14, denotando maiores R^2 e os menores valores de P. Similarmente, CABRAL et al. (2002) obtiveram R^2 superior a 0,98 com o modelo de Herschel-Bulkley, ao analisar o comportamento reológico da polpa de cupuaçu peneirada nas temperaturas de 15, 20 e 25 °C.

Os índices de comportamento do fluido, n e n_H , de todas as amostras, foram menores que 1, reafirmando tratar-se de um fluido não-newtoniano, com características pseudoplásticas. Similarmente, SILVA & RODRIGUES (2008) classificaram como fluido não newtoniano e pseudoplástico o suco composto (*blend*) de frutas tropicais (5% de polpa de acerola, 10% de polpa de maracujá e 20% de polpa de taperebá) adicionado de um xarope de sacarose, no intervalo de temperatura de 10 a 60 °C; VIDAL et al. (2006) perceberam, avaliando as características reológicas da polpa da manga centrifugada na mesma faixa de temperatura, o mesmo comportamento.

Nota-se, para o modelo Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência) que o índice de consistência (K) aumentou com o aumento da concentração de maltodextrina na DE = 14 e nas amostras com DE = 10 sofreu um aumento entre a amostra com 10 e 15% de maltodextrina; o índice de comportamento do fluido (n) deste modelo apresentou redução com o aumento da concentração de maltodextrina na DE = 14 e na DE = 10 diminuiu apenas entre as concentrações de 10 e 15%. FERNANDES et al. (2010) observaram, estudando o comportamento reológico da polpa de morango adicionada de sacarose e pectina a 25 °C com ajuste com o modelo de Ostwald-de-Waelle, que K foi maior nas amostras com menores concentrações de sacarose e maiores concentrações de pectina antes e após o congelamento enquanto n foi maior nos tratamentos constituídos de polpa de morango com altas concentrações de sacarose e pectina.

Tabela 4.6 – Parâmetros dos modelos reológicos, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da polpa do mandacaru com maltodextrina (DE = 10 e 14) a 10 °C

DE = 10						
Modelo	Maltodextrina (%)	Parâmetro			R^2	P (%)
		K	n			
Otswald-de-Waelle	10	0,1385	0,8036		0,9961	3,94
	15	0,1497	0,7833		0,9952	4,44
	20	0,1458	0,8002		0,9940	4,19
Herschel-Bulkley	Maltodextrina (%)	τ_{OH}	K_H	n_H	R^2	P (%)
	10	-0,7072	0,4493	0,5432	0,9980	1,77
	15	-0,8608	0,5568	0,4976	0,9974	1,85
	20	-0,5590	0,3793	0,5864	0,9953	2,63
Casson	Maltodextrina (%)	K_{OC}	K_C		R^2	P (%)
	10	0,2560	0,0622		0,9927	5,80
	15	0,2895	0,0617		0,9911	6,45
	20	0,2756	0,0644		0,9910	5,86
DE = 14						
Modelo	Maltodextrina (%)	Parâmetro			R^2	P (%)
		K	n			
Otswald-de-Waelle	10	0,1292	0,8215		0,9986	2,73
	15	0,1416	0,8011		0,9984	2,93
	20	0,1627	0,7675		0,9962	4,27
Herschel-Bulkley	Maltodextrina (%)	τ_{OH}	K_H	n_H	R^2	P (%)
	10	-0,2309	0,2112	0,7084	0,9989	1,85
	15	-0,3618	0,2825	0,6446	0,9991	1,46
	20	-0,8907	0,5942	0,4874	0,9983	1,64
Casson	Maltodextrina (%)	K_{OC}	K_C		R^2	P (%)
	10	0,2369	0,0622		0,9969	4,34
	15	0,2709	0,0626		0,9960	4,78
	20	0,3253	0,0626		0,9918	6,40

Em relação ao modelo de Herschel-Bulkley, o índice de consistência (K_H) aumentou entre as amostras com 10 e 15% de maltodextrina (DE = 10) e aumentou com o aumento da concentração de maltodextrinas amostras com DE = 14; em contrapartida, o índice de comportamento do fluido (n_H) reduziu com o aumento da concentração na DE =

14 e diminuiu apenas entre as amostras com 10 e 15% de maltodextrina na DE = 10. FERNANDES et al. (2008) encontraram, avaliando a polpa de umbu-cajá com 2,5; 5,0 e 7,5% de maltodextrina, que K_H aumentou e n_H mostrou-se constante com o aumento da concentração de maltodextrina. Desta forma, o K_H dos autores mostrou-se semelhante com todas as amostras de DE = 14 e com as concentrações de 10 e 15% (DE = 10) e inversas aos valores das duas dextroses em relação a n_H .

No modelo de Casson o parâmetro K_{OC} aumentou com o aumento da maltodextrina em todos os tratamentos, exceto na amostra com 20% de maltodextrina (DE = 10); enquanto K_C se manteve estável nas concentrações de 15% e 20% (DE = 14) e reduziu nas amostras com DE = 10 entre 10 e 15% de maltodextrina. GALDINO (2011) constatou comportamento análogo na polpa de figo-da-índia formulada com maltodextrina (25, 30 e 35%) a 25 °C em que K_{OC} aumentou com o aumento da concentração de maltodextrina e K_C diminuiu com o aumento da concentração.

Nas Figuras B.1 a B.4 (Apêndice B) tem-se os gráficos da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação das polpas formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14) com ajustes com os modelos de Ostwald-de-Waelle e Casson.

Nas Figuras 4.3 e 4.4 está presente a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa de mandacaru formulada em três concentrações de maltodextrina com DE = 10 e DE = 14, respectivamente, ajustadas ao modelo de Herschel-Bulkley, representante do melhor modelo predito quando comparado com os modelos de Ostwald-de-Waelle e Casson. Pode-se observar que, para uma taxa de deformação fixa, houve tendência de aumento da tensão de cisalhamento com o aumento da concentração de maltodextrina nas duas DE. Este comportamento também foi percebido na maior parte das temperaturas e concentrações estudadas, por SILVA et al. (2005b) ao analisarem a polpa de acerola, em um reometro rotacional, nas temperaturas de 5, 20, 35, 50, 65 e 85 °C e nas concentrações de sólidos solúveis totais de 4, 7, 10, 13 e 16 °Brix.

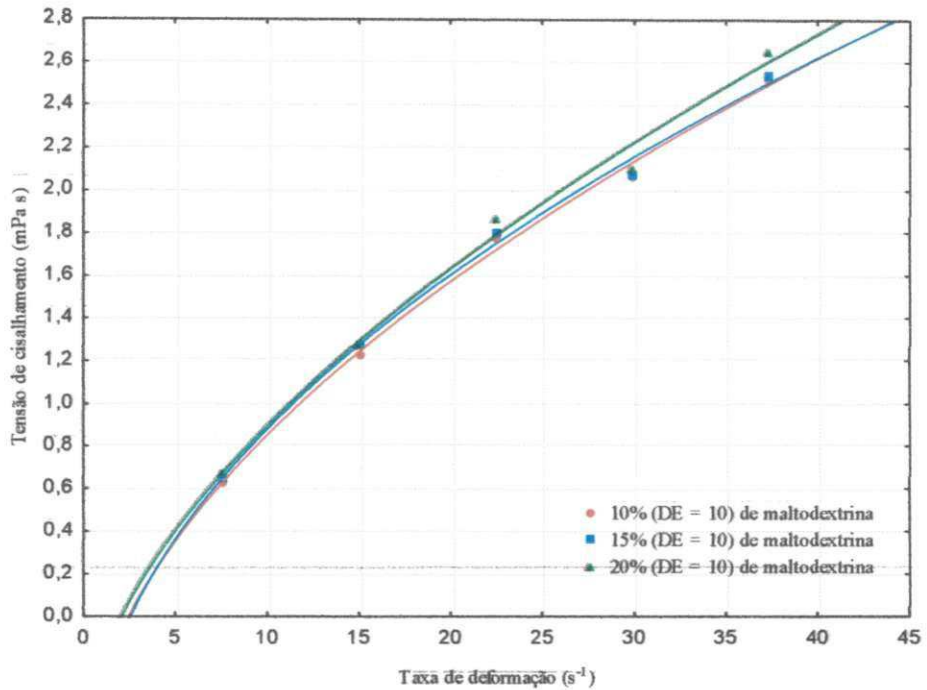


Figura 4.3 - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa do mandacaru formulada em três concentrações de maltodextrina na $DE = 10$, a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, com ajustes com o modelo de Heschel-Bulkley

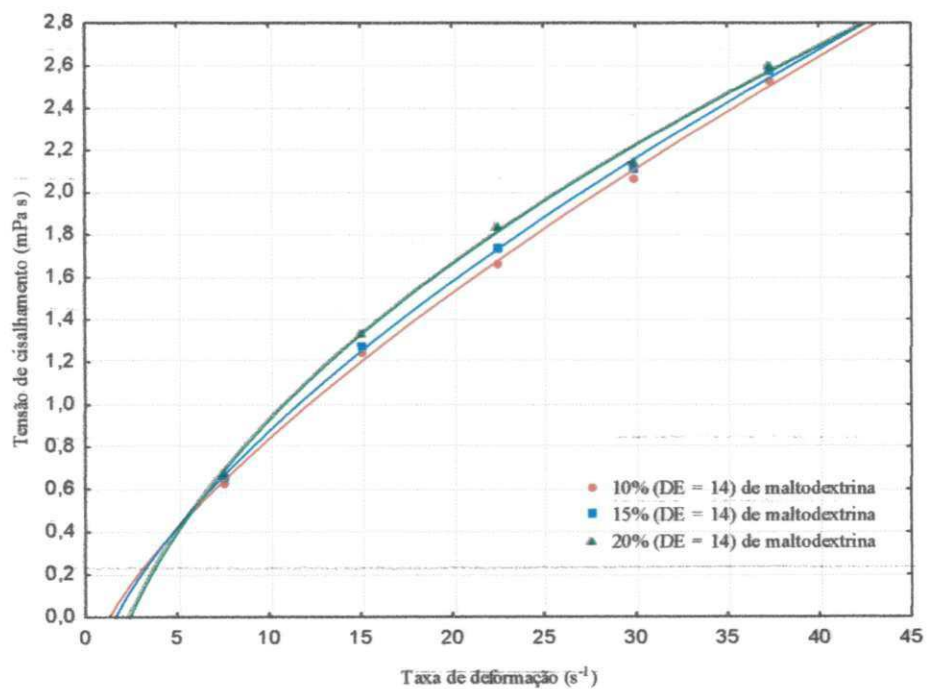


Figura 4.4 - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa do mandacaru formulada em três concentrações de maltodextrina na $DE = 14$, a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, com ajustes com o modelo de Heschel-Bulkley

4.3 – Secagem por aspersão

Concluídas as secagens, os pós foram avaliados determinando-se: pH, sólidos solúveis totais (°Brix), ácido ascórbico, teor de água, acidez total titulável, açúcares (totais, redutores e não redutores), cinzas, cor (luminosidade - L*, intensidade de vermelho - +a e intensidade de amarelo - +b), e atividade de água.

Associadas a esses parâmetros, as propriedades físicas da polpa de mandacaru em pó foram estudadas através da morfologia das microestruturas, molhabilidade, solubilidade e tempo de reconstituição. Tais variáveis foram determinadas apenas nos pós coletados na câmara de secagem, conforme o rendimento de cada amostra.

Na Tabela 4.7 se encontram os rendimentos das amostras de mandacaru em pó secadas com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) com diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14) com a temperatura do ar de secagem de 170 °C. Nota-se que as amostras com DE = 14 apresentaram rendimentos um pouco maiores que as amostras com DE = 10, em todas as concentrações sendo que a amostra que obteve o maior rendimento foi a secada com 20% de maltodextrina (DE = 14).

Tabela 4.7 – Valores médios dos rendimentos obtidos da secagem por aspersão do mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%), e dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14)

DE = 10			
Diâmetro do bico (mm)	Temperatura do ar de secagem (°C)	Concentração de maltodextrina (%)	Rendimento do pó na câmara (%)
1,2	170	10%	2,86
1,2	170	15%	8,29
1,2	170	20%	11,56
DE = 14			
Diâmetro do bico (mm)	Temperatura do ar de secagem (°C)	Concentração de maltodextrina (%)	Rendimento do pó na câmara (%)
1,2	170	10%	3,72
1,2	170	15%	8,54
1,2	170	20%	12,99

Comparando as amostras observa-se que o rendimento aumentou com o aumento da concentração de maltodextrina nas duas DEs; para as amostras com DE = 14 os rendimentos apresentaram maiores resultados do que as amostras com DE = 10.

4.4 – Polpa do fruto do mandacaru em pó

4.4.1 – Caracterização química, física e fisico-química

Neste item tem-se os valores médios da caracterização química, física e fisico-química das amostras da polpa do fruto de mandacaru em pó secada com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e diferentes dextroses (DE = 10 e DE = 14) com a temperatura do ar de secagem de 170 °C, coletada na câmara de secagem.

4.4.1.1 – pH

Na Tabela 4.8 estão os valores médios de pH da polpa do fruto de mandacaru em pó secada com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e diferentes dextroses (DE = 10 e DE = 14). Observa-se, para as amostras com 10% de maltodextrina, que os valores do pH entre as diferentes DE foram iguais; para as amostras com 15 e 20% de maltodextrina os valores do pH foram maiores nas amostras com DE = 10 do que nas amostras com DE = 14.

No geral, as amostras apontaram pH na faixa de 4,53-4,61, superiores, portanto, aos valores encontrados para a polpa de mandacaru integral (4,41) e para as formulações cujas médias gerais foram 4,45 (DE = 10) e 4,38 (DE = 14).

Observando o comportamento do pH com o aumento da concentração de maltodextrina, não se constata tendência alguma de aumento ou redução; nota-se apenas uma diferença entre os valores de no máximo 0,08; comportamento contrário foi encontrado por MEDEIROS (2004) ao estudar a polpa de umbu em pó desidratado em secador por aspersão com 15% de maltodextrina, cujo pH praticamente apresentou tendência à manutenção.

Tabela 4.8 – Valores médios do pH da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	4,61	4,56	4,61
14	4,61	4,53	4,54

A média geral de pH obtido na DE = 10 e na DE = 14, foi 4,59 e 4,56, respectivamente. O maior pH obtido foi na concentração de 10% de maltodextrina, nas duas

DE, 4,61, e o menor na concentração de 15% (DE = 14), 4,53. DANTAS (2010) detectou valores próximos para os pós do abacaxi e da manga desidratados a 60 e 70 °C pelo método de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*), cujos valores foram de 4,34 e 4,43 (abacaxi) e 4,72 e 4,71 (manga), respectivamente.

4.4.1.2 – Sólidos solúveis totais

Na Tabela C.1 (Apêndice C) infere-se a análise de variância dos resultados de sólidos solúveis totais da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Constatou-se que não houve efeito significativo para a dextrose equivalente (DE) e para a interação entre os dois fatores (dextrose x concentração), o efeito foi significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para a concentração.

Na Tabela 4.9 estão presentes os valores médios dos sólidos solúveis da polpa do fruto do mandacaru em pó em diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e com diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14).

Tabela 4.9 – Valores médios do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	25 aB	25,5 aA	25,5 aA
14	25 aB	25,5 aA	25,5 aA

DMS p/ colunas = 0,10; DMS p/ linhas = 0,12; CV% = 0,22; MG = 25,36; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Comparando-se os valores dos sólidos solúveis totais obtidos no produto em pó em relação à polpa do fruto do mandacaru integral (8,47 °Brix) e suas formulações nas DE = 10 e DE = 14 (16,43; 19,43 e 24,43 °Brix) nas diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%), observa-se que após a secagem o produto produzido concentrou o teor de sólidos em razão da água evaporada.

O comportamento dos sólidos solúveis totais nas concentrações e nas dextroses aproximou-se dos dados do trabalho de PONTES et al. (2007) ao estudarem bananas das

variedades prata e terra desidratadas em secador estacionário tipo cabine, com circulação forçada de ar nas temperaturas de 60 e 70 °C e perceberam que os valores eram praticamente iguais, ou seja, 28 °Brix nas duas temperaturas para a variedade prata e 27,5 e 28 °Brix para a variedade terra. MELO (2008) por sua vez obteve, avaliando a polpa de mandacaru em pó (polpa + 2% de albumina + 2% de Super Liga Neutra) secada pelo método de secagem em camada de espuma nas temperaturas de 70, 80 e 90 °C e em diferentes espessuras de camada de espuma (0,5; 1,0 e 1,5 cm) valor inferior ao do presente estudo, de cerca de 16,40 °Brix, em todos os tratamentos.

4.4.1.3 – Ácido ascórbico

Na Tabela C.2 (Apêndice C) apresenta-se a análise de variância dos resultados da quantidade de ácido ascórbico da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Consta-se que não houve efeito significativo para a dextrose equivalente (DE) e para a interação entre os dois fatores (dextrose x concentração), mas houve efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para o fator concentração de maltodextrina.

Na Tabela 4.10 estão presentes os valores médios de ácido ascórbico da polpa do fruto de mandacaru em pó, em diferentes concentrações (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses (DE = 10 e DE = 14). Nota-se que a quantidade de ácido ascórbico encontrada nos produtos secos foi muito superior à detectada nas formulações (0,62 mg/100 g) nas mesmas condições. Segundo RAMOS et al. (2008) a secagem resulta numa concentração de solutos de modo que proteínas, carboidratos, vitaminas e outros componentes, estão presentes em maiores quantidades, por unidade de massa, no alimento desidratado que no alimento fresco.

Tabela 4.10 – Valores médios de ácido ascórbico (mg/100 g) na polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	27,41 aA	26,39 aA	23,58 aB
14	27,13 aA	26,39 aA	23,93 aB

DMS p/ colunas = 1,15; DMS p/ linhas = 1,41; CV% = 2,52; MG = 25,80; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Comparando o teor de ácido ascórbico dentro de cada concentração entre as dextroses equivalentes, verifica-se que as amostras em pó não apresentaram diferenças significativas sendo estatisticamente iguais entre si, entre as DE.

Os valores de ácido ascórbico apresentaram tendência à diminuição com o aumento da concentração de maltodextrina para as amostras nas duas DEs. O decréscimo de ácido ascórbico na amostra com concentração de 20% em relação a 10% de maltodextrina na DE = 10 foi de 13,97% e para a amostra com DE = 14 foi de 11,80%.

Comparando os teores de ácido ascórbico com outros trabalhos, percebe-se que os resultados foram inferiores ao encontrado por OLIVEIRA et al. (2006) para a polpa de pitanga em pó formulada com 15% de maltodextrina desidratada em secador por aspersão que resultou em 36,09 mg/100 g e por MATA et al. (2005) para a polpa de graviola em pó liofilizada com 32,6 mg/100 g; e próximo aos valores encontrados por SILVA et al. (2008) para a polpa de tamarindo em pó formulada com 5% de albumina e desidratada em camada de espuma em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 60,70 e 80 °C que obtiveram teores 27,85; 23,54 e 29,66 mg/100 g, respectivamente. Essas diferenças podem ser ocasionadas em razão de se tratar de frutas diferentes e processos diferentes e também pelo conteúdo de ácido ascórbico ser sensível a temperaturas elevadas, o que pode ter afetado sua retenção; entretanto, os pós produzidos nas temperaturas mais baixas apresentam tendência de aglomeração, em virtude da sua umidade mais alta (QUEK et al., 2007). ALMEIDA et al. (2007a) afirmaram que a redução no conteúdo de ácido ascórbico é acelerada pelo aumento da temperatura e velocidade do ar de secagem.

A maior quantidade de ácido ascórbico registrada foi na concentração de 10%, 27,41 mg/100 g, e a menor na concentração de 20% de maltodextrina, 23,58 mg/100 g, ambas na DE = 10.

A secagem por aspersão concentrou o teor de ácido ascórbico no pó de mandacaru resultando numa média geral de 25,08 mg/100 g superior ao valor encontrado por MEDEIROS (2004) para o umbu em pó (6,5 mg/100 g) desidratado em secador por aspersão com adição de 15% de maltodextrina.

4.4.1.4 – Sólidos totais

Na Tabela C.3 (Apêndice C) apresenta-se a análise de variância dos resultados do teor de sólidos totais da polpa de mandacaru formulada em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Verifica-se que

não houve efeito significativo para a dextrose equivalente (DE) e para a interação entre os dois fatores (dextrose x concentração), o efeito foi significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para a concentração.

Na Tabela 4.11 tem-se os resultados médios dos sólidos totais da polpa do fruto de mandacaru em pó em diferentes concentrações (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses (DE = 10 e DE = 14). Verifica-se que os valores obtidos para os produtos secos são extremamente superiores aos encontrados para a polpa integral (10,19%) e para as formulações na DE = 10 (21,29; 23,86 e 27,78%) e na DE = 14 (20,20, 25,05 e 28,12%) nas concentrações de 10, 15 e 20% de maltodextrina, respectivamente.

Tabela 4.11 – Valores médios do teor de sólidos totais (%) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	93,96 aB	94,06 aB	95,38 aA
14	93,53 aB	94,21 aB	95,76 aA

DMS p/ colunas = 0,65; DMS p/ linhas = 0,79; CV% = 0,38; MG = 94,48; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

A polpa do fruto do mandacaru em pó demonstrou ter teores de sólidos totais estatisticamente iguais entre as DE para a mesma concentração de maltodextrina.

Observa-se tendência de crescimento no teor de sólidos totais com o aumento da concentração de maltodextrina para as amostras com diferentes DE. Este aumento foi de 1,51 e 2,38%, nas amostras com 20% de maltodextrina em relação às amostras com 10% com DE = 10 e DE = 14, respectivamente.

Os maiores teores de sólidos totais se encontram nas amostras com concentração de 20% de maltodextrina e os menores na concentração de 10% de maltodextrina o que era esperado em razão de que, quanto maior a quantidade de maltodextrina adicionada maior também será a quantidade de sólidos totais.

4.4.1.5 – Teor de água

Na Tabela C.4 (Apêndice C) apresenta-se a análise de variância do teor de água (%) da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das

concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Registra-se que não houve efeito significativo para dextrose equivalente nem para a interação entre os dois fatores (dextrose x concentração), e significativo a 1% para o fator concentração.

Na Tabela 4.12 tem-se os valores médios do teor de água da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14).

Tabela 4.12 – Valores médios do teor de água (% bu) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	6,04 aA	5,94 aA	4,95 aB
14	6,47 aA	5,79 aA	4,24 bB

DMS p/ colunas = 0,65; DMS p/ linhas = 0,85; CV% = 7,08; MG = 5,57; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Comparando os valores do teor de água com as mesmas concentrações de maltodextrina, verifica-se que não existe diferença significativa entre as dextroses, exceto na concentração de 20% de maltodextrina em que se mostrou isoladamente significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. De acordo com TONON et al. (2009) a maltodextrina com DE = 10 é menos hidrolisada apresentando menos grupos hidrofílicos e geralmente absorve menor quantidade de água, fato não constatado no presente estudo.

Registrando a influência da concentração de maltodextrina nos teores de água do produto, observa-se tendência à diminuição do teor de água com o aumento da concentração de maltodextrina nas diferentes DE. O decréscimo do teor de água entre as amostras com 20% de maltodextrina em relação às com 10%, foi 18,05% e 34,47%, na DE = 10 e DE = 14, respectivamente. QUEK et al. (2007) também observaram um decréscimo no teor de água no suco de melancia em pó, obtido por *spray drying* com uma temperatura do ar de secagem de 155 °C, de 2,29 para 1,55% quando a concentração de maltodextrina (DE = 12) aumentou de 3% para 5%. Segundo esses autores, a adição de maltodextrina aumenta o teor de sólidos e reduz a quantidade de água para evaporação. Por outro lado, GOULA & ADAMOPOULOS (2008) evidenciaram o inverso, ou seja, um aumento no teor de água das amostras com o aumento na concentração de maltodextrina na polpa de tomate em pó obtidas a 140 °C por

spray drying e atribuíram este comportamento a dificuldade das moléculas de água se difundirem através das moléculas de maltodextrinas.

Comparando com outros trabalhos de secagem, verifica-se que os teores de água obtidos neste trabalho foram inferiores aos de autores, como UCHOA et al. (2008) estudando pós alimentícios dos resíduos do bagaço de caju e maracujá através da secagem em estufa a 65 °C durante 16 horas e encontraram teores de água de 6,99 e 10,23%, respectivamente; OLIVEIRA et al. (2010) obtiveram, trabalhando com polpa de uvaia desidratada por liofilização, teores de água iguais a 14,25% e COSTA et al. (2007) estudando o bagaço do pó do abacaxi obtido da secagem em estufa a vácuo a 65 °C obtiveram um teor de água de 8,05%.

Segundo FARIAS (2009) na secagem por aspersão as altas temperaturas do ar de entrada são requeridas para obtenção de um produto final na forma de pó com baixo teor de água, com valores de teor de água entre 4 e 5%. Nota-se que a média geral do teor de água da polpa de mandacaru em pó foi 5,57% menor que o teor de água encontrado por OLIVEIRA et al. (2006) para a polpa de pitanga em pó formulada com 15% de maltodextrina coletada na câmara de secagem cujo resultado foi 8,12%; e superior ao determinado por SILVA (2005) para o cajá em pó (2,34%) obtido em secador por aspersão com adição de 15% de maltodextrina.

A RDC nº 272 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) preconiza que produtos de frutas secos ou desidratados devem apresentar no máximo 25,00% de teor de água, sendo um fator protetor ao desenvolvimento de microorganismos deteriorantes e patogênicos (BRASIL, 2005), como também a umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, sua qualidade, suas propriedades reológicas e sua granulometria, interferindo nas condições de armazenamento, embalagem e processamento.

4.4.1.6 – Acidez total titulável

Na Tabela C.5 (Apêndice C) está presente a análise de variância da acidez total titulável da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Registra-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores dextrose equivalente e concentração e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.13 se encontram os dados da acidez total titulável da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses (DE = 10 e DE = 14).

Tabela 4.13 – Valores médios de acidez total titulável (% ácido cítrico) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	1,4065 bB	1,4954 aA	1,3176 bC
14	1,5173 aA	1,4772 aAB	1,4408 aB

DMS p/ colunas = 0,05; DMS p/ linhas = 0,07; CV% = 2,25; MG = 1,44; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Nota-se, na DE = 14 com o aumento da concentração de maltodextrina, tendência de redução da acidez ao passo que na DE = 10, ocorreram variações havendo um aumento da acidez na concentração de 10% de maltodextrina (1,4065% ácido cítrico) para a de 15% (1,4954% ácido cítrico) seguido de um decréscimo na de 20% (1,3176% ácido cítrico). A redução da acidez total titulável da amostra com 20% de maltodextrina em relação à com 10% foi de 6,32% (DE = 10) e 5,04% (DE = 14). Nota-se que a acidez das amostras com DE = 14 apresentou comportamento semelhante ao do ácido ascórbico, que também apresentou tendência de decréscimo com o aumento da maltodextrina.

Confrontando a acidez entre as amostras com as mesmas concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes, observa-se que a acidez nas amostras com (DE = 14) foi estatisticamente superior às das amostras com (DE = 10), exceto na concentração de 15% de maltodextrina cujos valores foram estatisticamente iguais.

A acidez encontrada na polpa foi 0,2250% de ácido cítrico enquanto no pó do mandacaru em todas as concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes, os valores foram acima de 1,3% ácido cítrico, demonstrando concentração do teor de acidez provocado pela redução do teor de água; comportamento semelhante foi verificado por ALVES et al. (2011) ao compararem o teor de 0,5% ácido cítrico na polpa do pedúnculo de caju *in natura* e 2,35% de ácido cítrico na farinha do pedúnculo de caju, obtida em secador de bandejas.

A média geral da acidez obtida foi de 1,44% ácido cítrico inferior, portanto, à determinada por DI PAULA et al. (2004) em tomates secos que obtiveram teor de acidez de 2,63% de ácido cítrico e superior ao valor encontrado por OLIVEIRA et al. (2006) para a polpa de pitanga em pó, formulada com 15% de maltodextrina, que foi 0,73% ácido cítrico.

O maior valor encontrado da acidez foi na concentração de 10% de maltodextrina (DE = 14) igual a 1,5173% ácido cítrico e o menor na amostra com 20% de maltodextrina (DE = 10) igual a 1,3176% ácido cítrico.

4.4.1.7 – Açúcares totais

Na Tabela C.6 (Apêndice C) está presente a análise de variância dos açúcares totais da polpa de mandacaru em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Nota-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para o fator dextrose equivalente e para concentração de maltodextrina e não existe efeito significativo para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.14 estão presentes os dados dos açúcares totais da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e diferentes dextroses (DE = 10 e DE = 14). Observa-se tendência de aumento do teor de açúcares com o aumento da concentração de maltodextrina nas diferentes DE. Este aumento na amostra com 20% de maltodextrina em relação à amostra com 10%, foi de 9,25% (DE = 10) e 18,06% (DE = 14), sendo mais acentuado na amostra com dextrose equivalente igual a 14.

Comparando o teor de açúcares totais entre as amostras com a mesma concentração de maltodextrina, verifica-se diferença significativa entre as médias com diferentes DE, evidenciando o efeito da dextrose equivalente sobre o teor de açúcares totais. As amostras com DE = 14 apresentaram valores superiores aos das amostras com DE = 10.

A média geral dos açúcares totais foi 47,65% de glicose, próximo à do sapoti liofilizado, que foi 51,99 g/100 g de glicose determinado por OLIVEIRA et al. (2011) e à da passa de jaca secada a 45 °C, a 40 °Brix e sem cozimento, que foi 48,16% de glicose avaliada por UGULINO et al. (2006). Por outro lado, a média geral foi superior aos valores encontrados por MUNHOZ et al. (2011) para o tomate desidratado em secador com fluxo de ar a 70 °C, por 10 horas, que foi 30,7% e por BEZERRA et al. (2011) para o pó da polpa da manga das variedades Rosa e Tommy desidratados em estufa a vácuo a 61±2 °C durante 18 horas, cujos dados foram 40,47 e 39,42% de glicose, respectivamente. Essas diferenças podem ser provenientes das características inerentes a cada produto.

Tabela 4.14 – Valores médios dos açúcares totais (% glicose) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	41,86 bB	43,75 bAB	45,73 bA
14	47,83 aB	50,28 aB	56,47 aA

DMS p/ colunas = 3,08; DMS p/ linhas = 3,77; CV% = 3,63; MG = 47,65; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.4.1.8 – Açúcares redutores

Na Tabela C.7 (Apêndice C) tem-se a análise de variância dos açúcares redutores da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores dextrose equivalente e concentração de maltodextrina, mas não houve efeito significativo para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.15 se apresentam os valores médios dos açúcares redutores da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14).

Verifica-se, para as amostras com DE = 10, uma tendência de aumento dos açúcares redutores com o aumento da concentração de maltodextrina, sendo este aumento de 12,79% (DE = 10) na amostra com 20% de maltodextrina em relação à com 10% de maltodextrina. Embora tenha havido um crescimento nos valores dos açúcares redutores em valores absolutos com o aumento da concentração de maltodextrina, as médias dos produtos secados com DE = 14, foram estatisticamente iguais entre si.

Tabela 4.15 – Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	27,91 aB	29,62 bAB	31,48 aA
14	30,44 aA	32,46 aA	33,48 aA

DMS p/ colunas = 2,60; DMS p/ linhas = 3,19; CV% = 4,73; MG = 30,89; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Comparando as médias dos açúcares redutores entre as amostras com DE diferentes e com a mesma concentração de maltodextrina, observa-se que não houve diferença significativa de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, exceto entre as amostras com 15% de maltodextrina.

O maior valor encontrado dos açúcares redutores foi 33,48% de glicose na concentração de 20% de maltodextrina e DE = 14 e o menor foi 27,91% de glicose na concentração de 10% e DE = 10.

A média geral dos açúcares redutores foi 30,89% de glicose sendo inferior à registrada por SOARES et al. (2001) para o pó da acerola desidratada pelo processo de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) cujo valor encontrado foi 43,22% de glicose próximo ao encontrado por BEZERRA et al. (2011) para o pó da polpa da manga cv. Tommy desidratada em estufa a vácuo a 61 °C, de 29,14% de glicose.

4.4.1.9- Açúcares não redutores

Na Tabela C.8 (Apêndice C) tem-se a análise de variância dos açúcares não redutores da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores dextrose equivalente e concentração de maltodextrina e para interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.16 verificam-se os valores dos açúcares não redutores da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14).

Tabela 4.16 – Valores médios dos açúcares não redutores (% sacarose) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	13,26 bA	13,42 bA	13,54 bA
14	16,52 aB	16,93 aB	21,21 aA

DMS p/ colunas = 0,67; DMS p/ linhas = 0,82; CV% = 2,38; MG = 15,81; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Observa-se, com o aumento da concentração de maltodextrina que, as amostras com DE = 10 permaneceram estatisticamente com o mesmo nível de açúcares redutores e as amostras com DE = 14 tiveram o teor de açúcares redutores com tendência de elevação com o aumento da concentração de maltodextrina. Este aumento dos açúcares não redutores com DE = 14 foi 28,39% na amostra com 20% de maltodextrina em relação à amostra com 10%.

Comparando as amostras com diferentes DE e com a mesma concentração de maltodextrina, nota-se que as médias são estatisticamente diferentes, com os maiores valores nas amostras com DE = 14.

O maior valor encontrado no experimento foi 21,23% de sacarose na concentração de 20% de maltodextrina e DE = 14 e o menor registrado foi de 13,26% de sacarose na concentração de 10% e DE = 10.

A média geral foi de 15,81% de sacarose, superior aos resultados encontrados por GALDINO (2011) para a polpa de figo-da-índia em pó obtido por secagem por aspersão com diferentes concentrações de maltodextrina (25, 30 e 35%) cujos valores foram de 7,17; 7,93 e 10,55% de sacarose, respectivamente.

4.4.1.10 – Cinzas

Na Tabela C.9 (Apêndice C) observa-se a análise de variância do teor de cinzas da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores dextrose equivalente e concentração de maltodextrina e para interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.17 verificam-se os valores do teor de cinzas da polpa do fruto de mandacaru em pó em diferentes concentrações (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14). Os valores nos teores de cinza apresentaram tendência ao decréscimo com o aumento da concentração de maltodextrina nas diferentes DE. Este decréscimo na amostra com 20% de maltodextrina em relação à com 10% de maltodextrina, foi de 15,61% (DE = 10) e de 44,77% (DE = 14).

Tabela 4.17 – Valores médios do teor de cinzas (%) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	1,1092 bA	1,0293 bB	0,9360 aC
14	1,3621 aA	1,3054 aA	0,7523 bB

DMS p/ colunas = 0,05; DMS p/ linhas = 0,06; CV% = 2,78; MG = 1,08; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Avaliando a influência da dextrose equivalente, observam-se diferenças estatísticas entre as amostras com DE diferentes para as amostras com as mesmas concentrações de maltodextrina, com os maiores valores na DE = 14 para as amostras com concentrações de 10 e 15%.

O menor teor de cinzas foi registrado na DE = 14 na concentração de 20% de maltodextrina (0,7523%) e o maior na concentração de 10% de maltodextrina (1,3621%) na mesma dextrose.

A média geral das cinzas foi de 1,08%, inferior aos valores encontrados por COSTA et al. (2007) para o pó da casca de abacaxi e do bagaço do abacaxi desidratados em estufa a vácuo a 65 °C, que foi de 2,03 e 2,15%, respectivamente; por BEZERRA et al. (2010) para os pós de polpa de mangas das variedades Coité e Espada, obtidos através de secagem em estufa a vácuo 61 °C, que foram de 1,68 e 1,34%, respectivamente e por SANTOS (2011) para os pós de sementes de goiaba (*Psidium guajava* L.) secadas em estufa com circulação de ar e depois moídas, que foi de 1,364%. Valor próximo ao teor de cinzas do presente estudo foi detectado por ELIAS et al. (2008) para o caqui desidratado por secagem por convecção forçada a 60 °C, de 1,01% e superior ao teor de cinzas encontrado por OLIVEIRA (2006) para

a polpa de pitanga formulada com 15% de maltodextrina e 30% de água desidratada por secagem por aspersão que foi 0,19%.

4.4.1.11 – Luminosidade (L*)

Na Tabela C.10 (Apêndice C) está presente a análise de variância da luminosidade (L*) da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e da concentração de maltodextrina (10, 15 e 20%). Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores dextrose equivalente e concentração de maltodextrina e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.21 se apresentam os dados da luminosidade (L*) da polpa do fruto de mandacaru em pó em diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14). Verifica-se que houve aumento estatisticamente significativo da luminosidade com o aumento da concentração de maltodextrina nas diferentes DE, demonstrando que o produto se tornou mais claro com o aumento da concentração de maltodextrina utilizada uma vez que a luminosidade apresenta uma faixa de leitura de 0 (preto) a 100 (branco). Este aumento na amostra com 20% de maltodextrina em relação à amostra com 10% de maltodextrina, foi 15,65% e 14,71% nas amostras com DE = 10 e DE = 14, respectivamente; conseqüentemente, as amostras em pó com DE = 10 se tornaram mais claras do que as com DE = 14. TONON et al. (2009) observaram o aumento da luminosidade com o aumento da concentração de maltodextrina (10, 20 e 30%) para o açaí em pó produzido em secador por aspersão, encontrando valores de 54,52; 62,35; e 65,31 fato esperado em razão da maltodextrina ser de cor clara.

Tabela 4.18 – Valores médios da luminosidade (L*) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	57,11 bC	61,86 aB	66,05 aA
14	57,63 aC	60,33 bB	66,11 aA

DMS p/ colunas = 0,10; DMS p/ linhas = 0,12; CV% = 0,09; MG = 61,51; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Avaliando o efeito da dextrose equivalente sobre a luminosidade para as amostras com mesma concentração de maltodextrina, observa-se que houve diferenças significativas entre as médias das amostras com 10 e 15% e igualdade estatística entre as médias das amostras com 20% de maltodextrina.

A maior luminosidade registrada foi na DE = 14 na concentração de 20% de maltodextrina (66,11) e a menor na DE = 10 com concentração de 10% de maltodextrina (57,11).

4.4.1.12 – Intensidade de vermelho (+a)

Na Tabela C.11 (Apêndice C) apresenta-se a análise de variância da intensidade de vermelho (+a) da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e da concentração de maltodextrina (10, 15 e 20%). Nota-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores dextrose equivalente e concentração de maltodextrina e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.19 tem-se os dados da intensidade de vermelho (+a) da polpa do fruto de mandacaru em pó em diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses (DE = 10 e DE = 14). Verifica-se uma diminuição estatisticamente significativa da intensidade de vermelho com o aumento da concentração de maltodextrina nas duas DE. A redução da intensidade de vermelho entre a amostra com 20% de maltodextrina e a amostra com 10% de maltodextrina foi 32,39% (DE = 10) e 31,64% (DE = 14). Contrariamente, ORMENESE (2010) verificou para a farinha de banana obtida através da polpa de banana diluída na proporção de 1 parte de banana para ½ parte de água desidratada no secador por aspersão, aumento em todos os parâmetros da cor como luminosidade (L^* entre 74,3 e 80,2), intensidade de vermelho (+a entre 3,6 e 6,9) e intensidade de amarelo (+b entre 13,0 e 17,9).

Tabela 4.19 – Valores médios da intensidade de vermelho (+a) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	11,61 bA	8,85 bB	7,85 bC
14	11,79 aA	9,42 aB	8,06 aC

DMS p/ colunas = 0,12; DMS p/ linhas = 0,15; CV% = 0,75; MG = 9,59; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Avaliando o efeito da dextrose equivalente constata-se, para as amostras com a mesma concentração de maltodextrina, que as médias da intensidade de vermelho (+a) foram estatisticamente diferentes entre as DE, com os maiores valores ocorrendo nas amostras com DE = 14.

A amostra com menor valor da intensidade de vermelho (+a) foi a verificada para a concentração de 20% de maltodextrina (7,85) e DE = 10 e o maior valor na concentração de 10% maltodextrina (11,79) e DE = 14.

4.4.1.13 – Intensidade de amarelo (+b)

Na Tabela C.12 (Apêndice C) verifica-se a análise de variância da intensidade de amarelo (+b) da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Nota-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores dextrose equivalente e concentração de maltodextrina e para interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.20 se apresentam os dados da intensidade de amarelo (+b) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses equivalente (DE = 10 e DE = 14). Os dados tabulados se direcionam para uma diminuição na intensidade de amarelo (+b) com o aumento da concentração de maltodextrina nas diferentes DE. Tal diminuição na amostra com 20% de maltodextrina em relação à de 10% de maltodextrina foi de 9,59% (DE =10) e de 11,92% (DE = 14).

OLIVEIRA et al. (2007) também observaram, para os sucos de maracujá e abacaxi nas concentrações de 10 e 15% de maltodextrina desidratados em secador por aspersão, a redução da cor com o aumento da concentração de maltodextrina, sendo de 7,52 e 7,24 para o

maracujá e 6,04 e 4,52 para o abacaxi. A redução na cor se deve à produção de menores partículas, maior entrada de oxigênio durante a atomização, com conseqüente oxidação dos pigmentos (DESOBRY et al., 1997) e tem sido observada em diferentes trabalhos (CAI & CORKE, 2000; FRANCISCONI et al., 2003; GOULA & ADAMAPOULOS, 2005).

As médias da intensidade de amarelo (+b) dos produtos em pó quando confrontados com a polpa integral (2,10) e com as formulações na DE = 10 (13,13; 13,47 e 13,13) e na DE = 14 (12,36; 12,21 e 10,21), respectivamente, nas concentrações de 10, 15 e 20%, foram superiores.

O maior valor registrado da intensidade de amarelo foi na DE = 14 na concentração de 10% de maltodextrina (35,07) e o menor na DE = 10 na concentração de 20% (30,34).

Tabela 4.20 – Valores médios da intensidade de amarelo (+b) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	33,56 bA	30,94 bB	30,34 bC
14	35,07 aA	31,24 aB	30,89 aC

DMS p/ colunas = 0,17; DMS p/ linhas = 0,21; CV% = 0,30; MG = 32,01; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.4.1.14 – Atividade de água (a_w)

Na Tabela C.13 (Apêndice C) apresenta-se a análise de variância da atividade de água (a_w) da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Nota-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores dextrose equivalente e concentração de maltodextrina e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.21 se apresentam os dados da atividade de água (a_w) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14).

Tabela 4.21 – Valores médios da atividade de água (a_w) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	0,335 aA	0,325 aB	0,324 aB
14	0,331 aA	0,301 bB	0,284 bC

DMS p/ colunas = 0,004; DMS p/ linhas = 0,005; CV% = 0,83; MG = 0,31; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Avaliando o efeito da dextrose equivalente na atividade de água para as amostras com a mesma concentração de maltodextrina, observa-se diferença significativa entre as médias com DE diferentes para as amostras com 15 e 20% de maltodextrina, com os maiores valores nas amostras com DE = 10. Também se torna notória a tendência de diminuição da a_w com o aumento do aditivo nas duas DE, sinalizando que as DE agiram de forma semelhante.

A diminuição da atividade de água na amostra com 20% de maltodextrina em relação à com 10% de maltodextrina foi de 3,28% e 14,19%, nas amostras com DE = 10 e DE = 14, respectivamente. Contrariamente, SHRESTHA et al. (2007) mencionaram que não houve tendência de variação da atividade de água com a variação da formulação no suco de laranja secado com 60% de maltodextrina no secador por aspersão.

KHA et al. (2010) encontraram, para o pó de gac aril (fruto asiático exótico cientificamente denominado *Momordica cochinchinensis*) produzido com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 20 e 30%), (DE = 12), a uma temperatura de ar de secagem variando entre 120 e 200 °C, valores para atividade de água na faixa de 0,38 a 0,54, superiores aos valores obtidos para a polpa de mandacaru em pó nas diferentes DE.

Os valores obtidos da a_w com DE = 10 (0,335; 0,325 e 0,324) e com DE = 14 (0,331; 0,301 e 0,284) e diferentes concentrações de maltodextrina 10, 15 e 20% permitem inferi-las como estáveis ante a ação microbiológica uma vez que alimentos com atividade de água menor que 0,6 são considerados microbiologicamente estáveis e a ocorrência de deteriorações é induzida por reações químicas ao invés de micro-organismo (QUEK et al., 2007). Portanto, o mandacaru em pó pode ser considerado seguro para a armazenagem.

A média geral da atividade de água das amostras foi 0,31 superior ao resultado encontrado por ROCHA (2009) para a polpa de mirtilo em pó com 20% de maltodextrina (DE = 10) secada no secador por aspersão, de 0,22.

A maior atividade de água registrada foi na concentração de 10% de maltodextrina (DE = 10) e a menor na concentração de 20% de maltodextrina (DE = 14) de 0,335 e 0,284, respectivamente.

4.4.2 – Morfologia das microestruturas

Nas Figuras 4.5, 4.6 e 4.7 estão presentes as imagens correspondentes ao mandacaru em pó nas concentrações de 10, 15 e 20% de maltodextrina, respectivamente, na dextrose equivalente de 10.

Nas Figuras 4.8, 4.9 e 4.10 se apresentam as imagens do mandacaru em pó nas concentrações de 10, 15 e 20% de maltodextrina, respectivamente, na dextrose equivalente de 14 (DE = 14).

Observa-se que as microcápsulas geradas após a secagem por aspersão apresentaram formato assimétrico de diâmetros variados, embora esse tipo de secagem se direcione para a formação de partículas arredondadas, em que um dos motivos pode ser a interferência da viscosidade da formulação. Segundo SOARES (2002) quando a viscosidade é baixa menos energia e menor pressão são aplicadas, mas quando a viscosidade da formulação é alta impede a formação adequada de gotas propiciando o aumento do tamanho das partículas devido à formação de gotículas maiores durante a secagem por aspersão.

Quanto às superfícies das partículas, observam-se algumas partes lisas e pequenas depressões. Essas depressões estão associadas à contração das partículas durante a secagem e o resfriamento. Por outro lado, a extensão das depressões observadas em microcápsulas produzidas por *spray drying* é função da natureza do agente carreador utilizado, sendo significativas naquelas que possuem cobertura de polissacarídeos (THIES, 1995).

O aspecto liso também pode estar associado à temperatura do ar de secagem (170 °C) considerada uma temperatura alta que, associada ao aditivo diminui as fissuras existentes nas microcápsulas. TONON et al. (2009) constataram, estudando o suco de açaí em pó concentrado com 20% de maltodextrina nas temperaturas do ar de secagem de 138, 170 e 202 °C, desidratadas em *spray drying*, que as partículas se apresentaram altamente rugosas, algumas partículas apresentaram superfície lisa e umas poucas rugosas, enquanto uma grande parte apresentou superfície lisa, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por ALAMILLA-BELTRÁN et al. (2005) estudando as alterações morfológicas de partículas de maltodextrina produzidas em diferentes temperaturas de secagem, em *spray dryer*.

Verifica-se que a dextrose equivalente empregada também influenciou na morfologia das partículas pois as amostras com DE = 10 apresentaram um aspecto menos poroso e tendência maior à aglomeração, consequência da maltodextrina não ter conseguido encapsular a polpa de mandacaru adequadamente ou da expansão proporcionada pela temperatura de 170 °C nas amostras durante a secagem quando comparada com a DE = 14. Associado a este fator, percebe-se que o aumento da concentração de maltodextrina modificou o tamanho das partículas visualmente maiores nas concentrações maiores do agente carreador, fato previsto em virtude o teor de sólidos da formulação de alimentação ter aumentado com o aumento da concentração de maltodextrina. De acordo com CAO et al.(2000), o aumento no conteúdo de sólidos eleva a viscosidade resultando em pós com maior massa específica, ou seja, quanto maior a viscosidade maior também será a partícula do pó formada, justamente o que se evidencia nas imagens. KEOGH et al. (2003) também chegaram a esta conclusão ao observar um aumento linear do tamanho das partículas com a viscosidade do fluido de alimentação trabalhando com secagem em *spray dryer* de concentrado de leite integral ultrafiltrado, em um atomizador de bicos duplo-fluido.

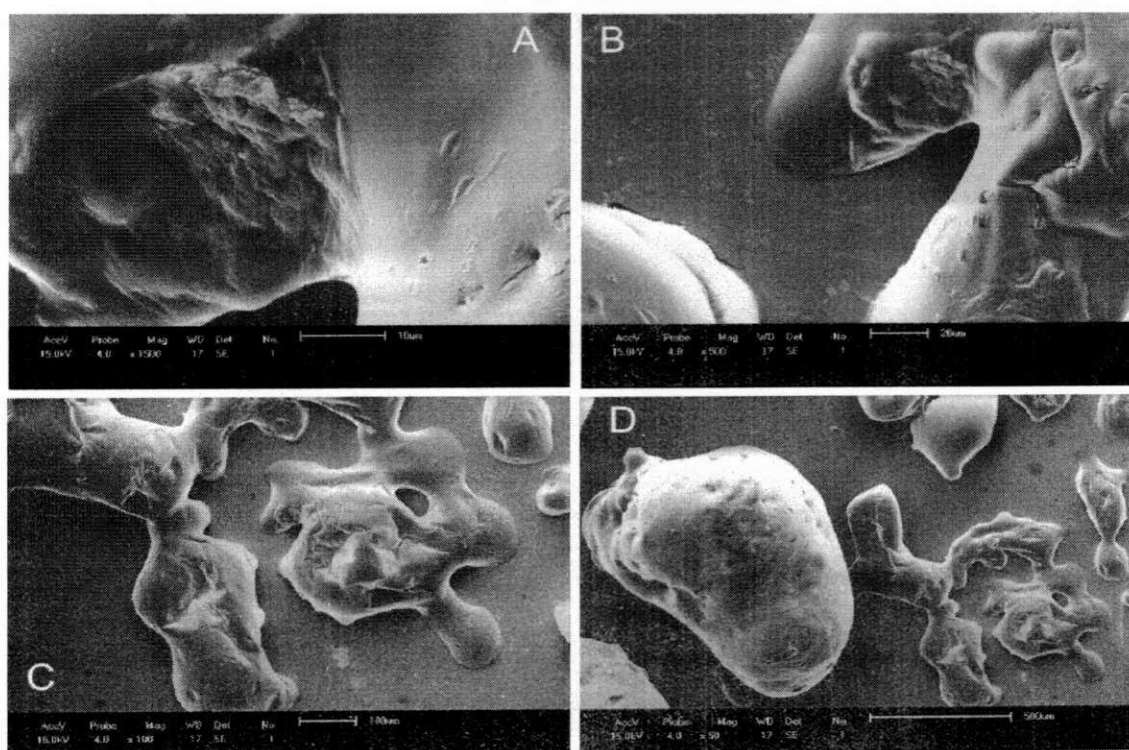


Figura 4.5 – Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina (DE = 10)

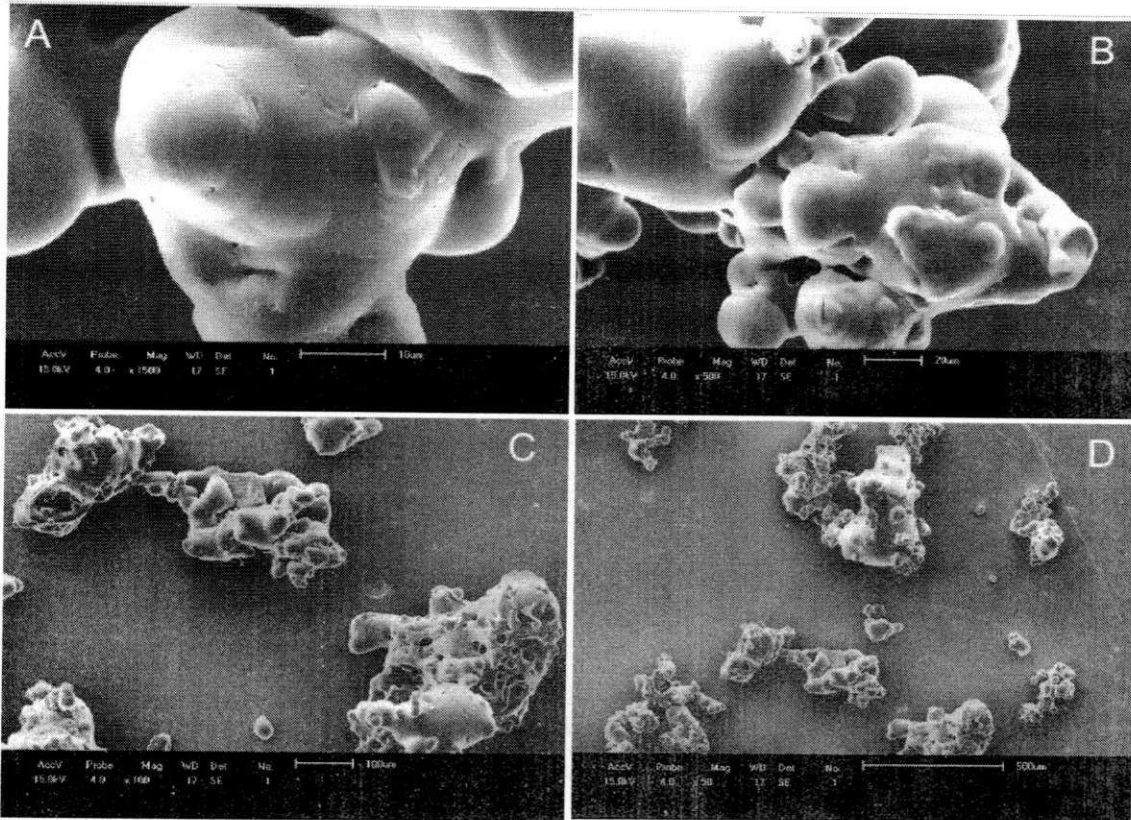


Figura 4.6 – Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 15% de maltodextrina (DE = 10)

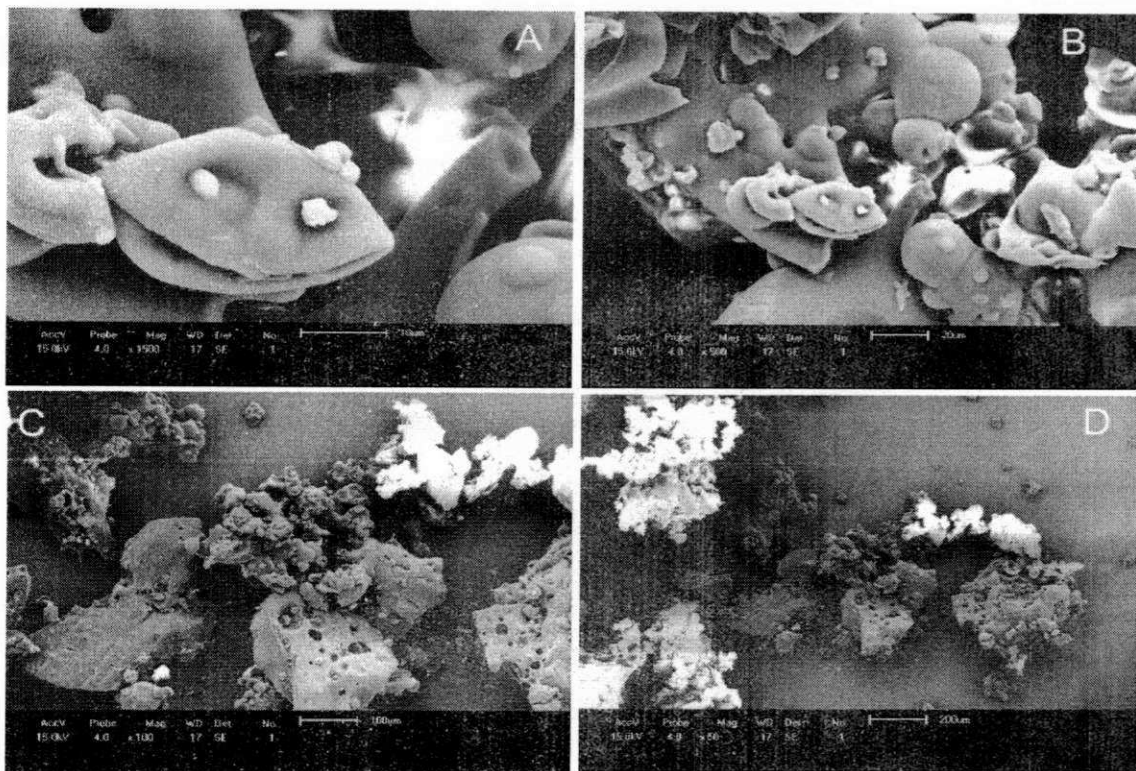


Figura 4.7 – Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 20% de maltodextrina (DE = 10)

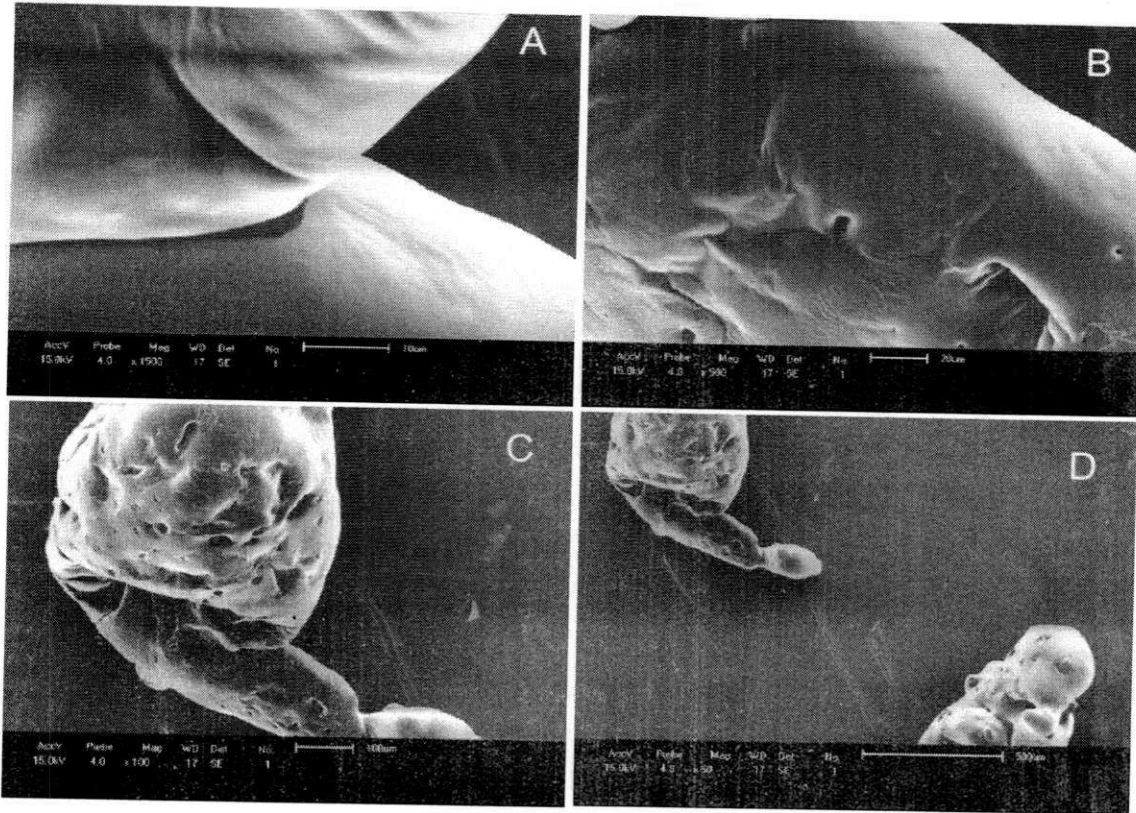


Figura 4.8 – Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina (DE = 14)

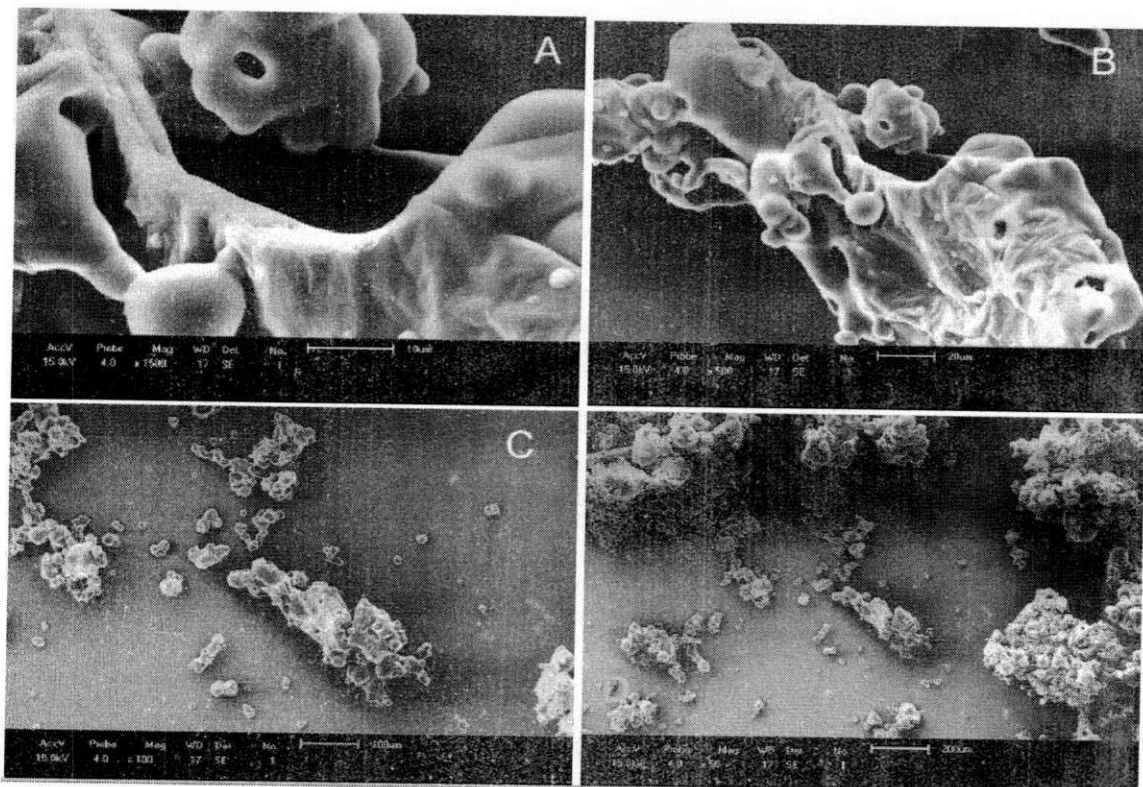


Figura 4.9 – Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 15% de maltodextrina (DE = 14)

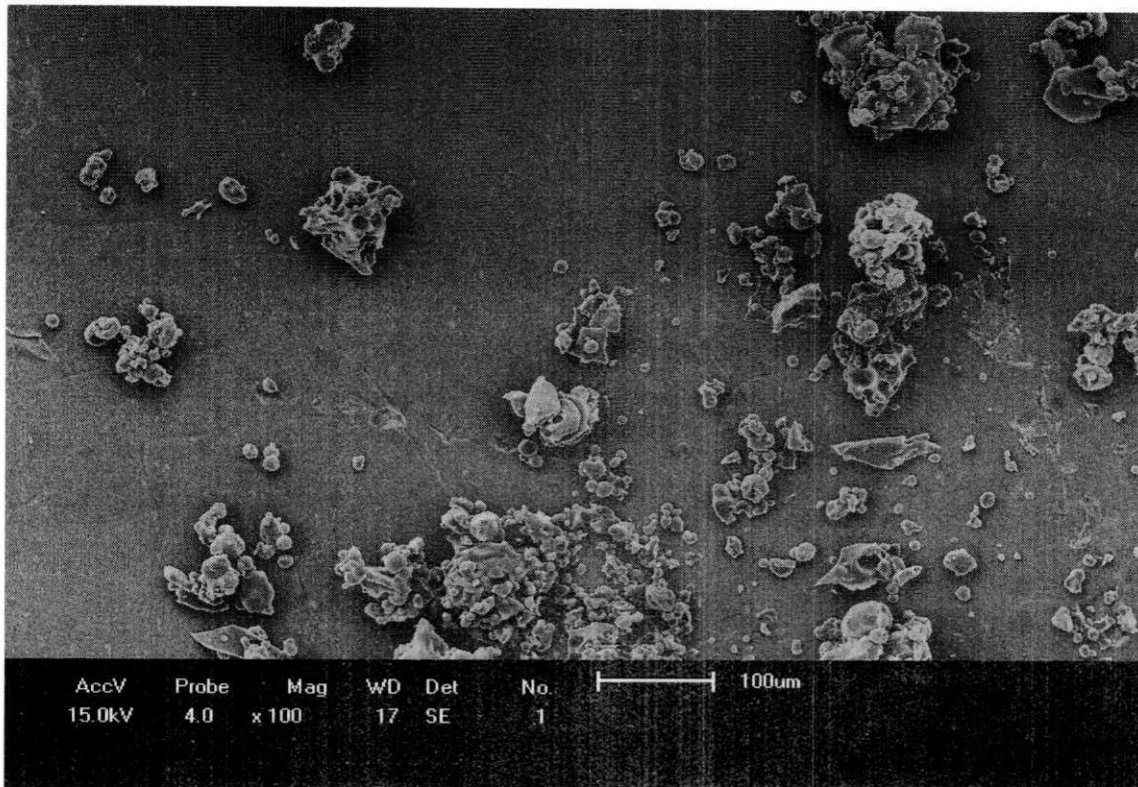


Figura 4.10 – Imagens da polpa de mandacaru em pó na concentração de 20% de maltodextrina (DE = 14)

4.4.3 – Solubilidade

Na Tabela C.14 (Apêndice C) encontra-se a análise de variância da solubilidade da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Observa-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores dextrose equivalente e concentração de maltodextrina e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.21 se encontram os dados da solubilidade da polpa do fruto de mandacaru em pó em diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses (DE = 10 e DE = 14). Verifica-se, pelos dados tabulados, que o aumento da concentração de maltodextrina proporcionou tendência de redução estatisticamente significativa do tempo em minutos para solubilizar a polpa do mandacaru em pó. O decréscimo do tempo para solubilizar a amostra com 20% de maltodextrina com relação à de 10% de maltodextrina, foi de 71,43% (DE = 10) e de 62,50% (DE = 14). A solubilidade consiste na dissolução das partículas pelo líquido desde que sejam solúveis; neste caso, o aumento da maltodextrina contribuiu para melhorar a solubilidade do produto cujas amostras com DE = 14 provaram ser mais solúveis (PEÑA, 2003).

Comparando as amostras com DE diferentes e com a mesma concentração de maltodextrina, constata-se que as médias são estatisticamente diferentes com os maiores valores para as amostras com DE = 10.

Tabela 4.22 – Valores médios da solubilidade (min) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	14 aA	5 aB	4 aB
14	8 bA	4bB	3 bB

DMS p/ colunas = 0,83; DMS p/ linhas = 1,02; CV% = 7,37; MG = 6,38; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

De acordo com PEÑA (2003) a solubilidade é um dos parâmetros utilizados para verificar a capacidade do pó para se manter em mistura homogênea com a água.

VISSOTO et al. (2006) perceberam, estudando o processo de lecitinação em achocolatados, que a melhora na solubilidade só ocorreu até o teor de lecitina igual a 5% e nos produtos aglomerados até 0,3%, ou seja, quantidades superiores não contribuíram para o incremento da solubilidade no produto, em ambas as situações, obtidos em *spray dryer* devido, provavelmente, ao conteúdo de gordura livre que permeava a partícula em que uma parte atingiu a superfície, tornando-a repelente à água.

O maior tempo de dissolução foi da amostra com concentração de 10% de maltodextrina (DE = 10), 14 minutos, e o menor tempo foi na concentração de 20% de maltodextrina (DE = 14), 3 minutos, sendo o pó, portanto, mais solúvel.

4.4.4 – Molhabilidade

Na Tabela C.15 (Apêndice C) tem-se a análise de variância da molhabilidade da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores dextrose equivalente e concentração de maltodextrina e para as interações entre os dois fatores.

Na Tabela 4.22 estão presentes os valores da molhabilidade da polpa do fruto de mandacaru em pó em diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e dextroses

equivalentes (DE = 10 e DE = 14). Nota-se o aumento significativo da molhabilidade com o aumento da concentração de maltodextrina, para as amostras nas diferentes DE. Este aumento na amostra com 20% de maltodextrina em relação à de 10% de maltodextrina, foi de 100% (DE = 10) e de 170,79% (DE = 14).

Comparando as amostras com diferente DE e com a mesma concentração de maltodextrina, observa-se haver diferença significativa entre as DE, em todas as concentrações de maltodextrina.

A molhabilidade mais baixa foi da amostra com concentração de 10% de maltodextrina (DE = 10), 0,0066 g/min e a mais alta foi na concentração de 20% de maltodextrina (DE = 14), 0,0241 g/min. Tais resultados demonstram que a DE = 14 e com concentração de 20% de maltodextrina, teve uma penetração maior do líquido no interior do pó, fenômeno este justificado por PEÑA (2003) em razão da capilaridade. Além disto, a molhabilidade, também chamada umectibilidade, está relacionada a fatores físicos como tamanho e forma das partículas e temperatura da água de reconstituição; produtos em pó que apresentam baixa molhabilidade tendem a formar grumos durante a adição e mistura com a água (VISSOTO et al., 2006).

Tabela 4.23 – Valores médios da molhabilidade (g/min) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	0,0066 bC	0,0106 bB	0,0132 bA
14	0,0089 aC	0,0217 aB	0,0241 aA

DMS p/ colunas = 0,001; DMS p/ linhas = 0,0013; CV% = 4,09; MG = 0,01; DMS - desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

MEDEIROS & LANNES (2010) perceberam, ao estudar as propriedades físicas de substitutos de cacau em amostras com o cacau, com aromas (AS e CE) e com alfarroba (CD e CED) que o produto apresentou boa molhabilidade, ou seja, o produto foi completamente molhado em menos de 5 minutos; apesar do teor de lípidos do cacau ser elevado (14,21%) apresentou bons resultados pois se utilizou cacau alcalinizado e lecitinado. Embora o tempo máximo para o produto se molhar seja uma escolha arbitrária pode-se considerar com boa

molhabilidade os pós em que 90% da amostra estejam mergulhados em até 5 minutos (LANNES & MEDEIROS, 2003). Esses mesmos autores avaliaram “achocolatado” formulado com cupuaçu em pó e conseguiram boa molhabilidade e instantaneidade.

Dados inferiores aos obtidos neste trabalho foram obtidos por GOMES et al. (2002) no estudo do pó de acerola 0,003 g/s (5×10^{-5} g/min) e por LIMA (2006) com valores de 0,2085; 0,2083 e 0,2080 g/s ($3,47 \times 10^{-3}$ g/min) obtidos para a farinha de facheiro secada a 60 °C.

4.4.5 – Tempo de reconstituição

Na Tabela C.16 (Apêndice C) apresenta-se a análise de variância de tempo de reconstituição da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores dextrose equivalente e concentração de maltodextrina e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.22 estão os valores do tempo de reconstituição da polpa do fruto de mandacaru em pó em diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e em diferentes dextroses (DE = 10 e DE = 14). Observa-se diminuição significativa do tempo de reconstituição para que as amostras em pó se dispersassem totalmente com o aumento da concentração de maltodextrina nas diferentes DEs. As amostras com menor concentração de maltodextrina possuíam uma maior quantidade de polpa retardando a dispersão do pó; ao contrário, as amostras com concentrações de maltodextrina maiores agilizaram a dispersão do produto seco justificado pela alta capacidade de dispersão da maltodextrina. Esta diminuição do tempo de reconstituição na amostra com 20% maltodextrina com relação à com 10% maltodextrina, foi de 53,33% na DE = 10 e de 48% na DE = 14.

Tabela 4.24 – Valores médios do tempo de reconstituição (min) da polpa do fruto de mandacaru em pó com diferentes concentrações de maltodextrina e dextroses equivalentes (DE)

DE	Concentração de maltodextrina (%)		
	10	15	20
10	30 aA	16 bB	14aC
14	25 bA	19 aB	13 aC

DMS p/ colunas = 0,93; DMS para linhas= 1,14; CV% = 2,65; MG = 19,83; DMS - Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

O menor tempo de reconstituição representa a amostra que apresentou a melhor dispersão na água, que foi a amostra com concentração de 20% de maltodextrina (DE = 14), com 13 minutos, ao passo que a concentração de 10% de maltodextrina (DE = 10) expressou uma dificuldade maior para se dispersar, 30 minutos.

SOUZA (2009) verificou, ao analisar misturas de frutas desidratadas em leite de jorro, que o tempo médio de reconstituição das amostras de pastas foi de 315s (5,25 min), sendo inferior aos determinados no presente trabalho.

4.5 – Armazenamento da polpa do fruto do mandacaru em pó

Para o estudo do armazenamento utilizaram-se as amostras do mandacaru em pó secado com 10% de maltodextrina com as duas dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14), coletadas na câmara de secagem. O armazenamento das amostras acondicionadas em embalagens laminadas flexíveis, durante 50 dias, foi feito na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%.

4.5.1 – Teor de água

Na Tabela D.6 (Apêndice D) apresenta-se a análise de variância do teor de água da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada com umidade relativa de 57,7% na temperatura de 25 °C. Verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para a dextrose equivalente, tempo de armazenamento e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.25 se encontram os valores do teor de água da polpa do fruto de mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, armazenado durante 50 dias, na temperatura de 25 °C.

Tabela 4.25 – Valores médios do teor de água da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE) durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Teor de água (%)	
	DE = 10	DE = 14
0	6,07 eB	6,77 fA
10	8,17 dB	8,77 eA
20	8,98 cB	9,67 dA
30	10,05 bB	10,75 cA
40	10,15 bB	11,91 bA
50	12,30 aB	13,09 aA

DMS p/ colunas = 0,67; DMS para linhas = 0,46; CV% = 3,32; MG = 9,72; DMS - Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Analisando os dados, constata-se aumento do teor de água à medida que o armazenamento se vai prolongando, principalmente na DE = 14, passando de 6,07% para 12,30% (DE = 10) e de 6,77% para 13,09% (DE = 14), que representam aumentos de 102,57%, na DE = 10, e 93,33%, na DE = 14. Tais resultados indicam que as embalagens laminadas não impediram a absorção de água pela polpa de mandacaru em pó. REIS (2002) encontrou, estudando o comportamento de manga desidratada e acondicionada em filmes de policloreto de vinilideno a vácuo, perda de umidade mínima verificando-se a eficiência dessas embalagens como barreiras para o vapor de água. Na DE = 14 observam-se diferenças significativas entre todos os tempos enquanto na DE = 10 as médias nos tempos de 30 e 40 dias foram estatisticamente iguais entre si. Entre dextroses os teores de água registrados na DE = 14 foram estatisticamente maiores que os registrados na DE = 10, em todos os tempos de armazenamento.

Nas Tabelas D.7 e D.8 (Apêndice D) se apresentam as análises de variância das regressões polinomiais do teor de água da polpa do fruto do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com DE = 10 e DE = 14, em função do tempo de armazenamento na

temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%; na DE = 10 as equações polinomiais linear, cúbica e de quinto grau, foram significativas a 1% de probabilidade ao passo que as equações quadrática e de quarto grau, foram significativas a 5% de probabilidade. Em relação à DE = 14, apenas a equação linear foi significativa a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.26 se apresentam as equações de regressão aplicadas para o teor de água, em função do tempo de armazenamento para o mandacaru em pó com 10% de maltodextrina, acondicionado em embalagem laminada e armazenado a 25 °C com umidade relativa de 57,7%. Analisando os coeficientes de determinação (R^2), verifica-se que as melhores estimativas foram identificadas nas equações de quarto e quinto grau com valores superiores a 0,99 para a DE = 10; na DE = 14, a equação linear resultou em ajuste satisfatório; todavia, sugere-se dar preferência à equação linear para estimar o teor de água da polpa de mandacaru em pó nas duas dextroses equivalentes (10 e 14), em razão do menor número de termos da equação e de ter significado físico embora o R^2 tenha sido menor em relação às demais equações mas ainda assim foi superior a 0,9. RAMOS et al. (2008) utilizaram equações de regressão lineares para representar o comportamento da umidade de fatias de abacaxi, desidratadas em secador de bandejas a 60 °C, durante o armazenamento, por 4 dias, em temperatura ambiente e com diferentes tipos de embalagens, obtendo $R^2 = 0,92$, para as fatias embaladas com polietileno transparente e $R^2 = 0,96$ para as fatias embaladas com polietileno + folha de alumínio.

Tabela 4.26 – Equações de regressões para o teor de água para a polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento

DE	Equação	R^2
	$X = 6,5613 + 0,1089t$ **	0,941
	$X = 6,4063 + 0,1322t - 4,6511 \times 10^{-4}t^2$ *	0,945
10	$X = 6,0455 + 0,2970t - 9,4848 \times 10^{-3}t^2 + 1,2026 \times 10^{-4}t^3$ **	0,987
	$X = 6,0979 + 0,2096t - 9,7784 \times 10^{-5}t^2 - 1,8536 \times 10^{-4}t^3 + 3,0562 \times 10^{-6}t^4$ *	0,991
	$X = 6,0702 + 0,5341t - 0,0558t^2 + 2,9839 \times 10^{-3}t^3 - 6,9708 \times 10^{-5}t^4 + 5,8212 \times 10^{-7}t^5$ **	0,999
14	$X = 7,1526 + 0,1203t$ **	0,986

Em que: X – Teor de água (%); t – Tempo de armazenamento (dia); ** - Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * - Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

4.5.2 – Atividade de água (a_w)

Na Tabela D.21 (Apêndice D) tem-se a análise de variância da atividade de água da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada com umidade relativa de 57,7% na temperatura de 25 °C. Verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para o fator tempo, para a dextrose equivalente e para interação entre os dois fatores não ocorreu diferença significativa.

Na Tabela 4.27 se mostram os valores da atividade de água da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, armazenado por 50 dias na temperatura de 25 °C. Nota-se o aumento da atividade de água durante todo o período do armazenamento, ao final do qual a amostra com DE = 10 teve um aumento de 11,50% e na com DE = 14 o aumento foi de 10,03%. Resultados similares foram obtidos por LISBÔA et al. (2012) ao avaliar o figo-da-índia em pó formulado com aditivos (0,5% de Super Liga Neutra, 2% de Emustab e 5% de extrato de soja), secado em camada de espuma em estufa com circulação de ar a 90 °C, armazenamento em diferentes temperaturas (25 e 40 °C) e umidades relativas (55 e 83%); os autores observaram um aumento consistente da a_w ao longo dos 100 dias de armazenamento.

A amostra com DE = 10 apresentou diferença significativa nas médias entre os tempos de 0 e 10 dias, entre os tempos 20 e 30 dias e entre os tempos 30 e 40 dias enquanto na amostras com DE = 14 entre os tempos 20 e 30 dias e entre 30 e 40 dias. Comparando-se as amostras com DE = 10 e DE = 14 a partir de 10 dias até o último tempo de armazenamento, as médias foram estatisticamente iguais a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey indicando que as dextroses não influenciaram a atividade de água. Dos resultados obtidos verifica-se que, completados os 50 dias de armazenamento, nenhuma amostra ultrapassou o valor de 0,351 para a_w , permitindo classificar o produto como estável e seguro em razão de que quase toda a atividade microbiana é inibida abaixo de $a_w = 0,6$ (FELLOWS, 2006).

Tabela 4.27 – Valores médios da atividade de água da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento

Tempo de Armazenamento (dias)	Atividade de água (a_w)	
	DE = 10	DE = 14
0	0,313 dB	0,319 cA
10	0,325 cA	0,325 cA
20	0,328 cA	0,328 cA
30	0,337 bA	0,337 bA
40	0,347 aA	0,349 aA
50	0,349 aA	0,351 aA

DMS p/ colunas = 0,008; DMS para linhas = 0,006; CV% = 1,18; MG = 0,33; DMS - Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Nas Tabelas D.22 e D.23 (Apêndice D) tem-se a análise de variância das regressões polinomiais da atividade de água do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, em função do tempo de armazenamento na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%. Constata-se que, de todas as equações testadas (linear, quadrática, cúbica, quarto grau e quinto grau) apenas a equação linear foi significativa a 1% de probabilidade pelo teste F; as demais não tiveram efeito significativo, na DE = 10 e na DE = 14, a equação linear apresentou efeito significativo a 1% de probabilidade e as equações cúbica e de 4º grau foram significativas a 5% de probabilidade e as outras não mostraram efeito significativo.

Na Tabela 4.28 se apresentam as equações de regressão aplicadas para a atividade de água, em função do tempo de armazenamento para o mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14 acondicionado em embalagem laminada e armazenado a 25 °C e umidade relativa de 57,7%.

Nota-se, para a atividade de água, o ótimo ajuste da equação de 4º grau, na DE = 14 com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,999; as equações linear e cúbica obtiveram $R^2 > 0,9$, representando também um bom ajuste. A equação linear na DE = 10 apresentou $R^2 = 0,861$, denotando um ajuste satisfatório; entretanto, a equação linear com DE = 14 pode ser

utilizada também com precisão para estimar os dados experimentais embora o R^2 (0,957) tenha sido o menor. GARCIA (2010) obteve, analisando a atividade de água em função do tempo de torra dos farelos de arroz das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417, os melhores ajustes com equações quadráticas, com R^2 de 0,9259, 0,8656 e 0,8722, respectivamente.

Tabela 4.28 – Equações de regressão para a atividade de água da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento

DE	Equação	R^2
10	$a_w = 0,3164 + 7,5999 \times 10^{-4} t^{**}$	0,861
	$a_w = 0,3180 + 6,8428 \times 10^{-4} t^{**}$	0,957
14	$a_w = 0,3205 - 1,1233 \times 10^{-4} t + 3,7638 \times 10^{-5} t^2 - 4,5601 \times 10^{-7} t^3^*$	0,978
	$a_w = 0,3197 + 1,2418 \times 10^{-3} t - 1,0793 \times 10^{-3} t^2 + 4,2835 \times 10^{-5} t^3 - 4,7395 \times 10^{-7} t^4^*$	0,999

Em que: a_w – Atividade de água (a_w); t – Tempo de armazenamento (dia); ** - Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * - Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

4.5.3 – pH

Na Tabela 4.29 se encontram os valores do pH da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14 armazenadas durante 50 dias, na temperatura de 25 °C.

Nota-se, nas duas dextroses, que o pH assumiu valores oscilantes ao longo do armazenamento sem demonstrar efeitos relacionados ao tempo. Entre as dextroses notam-se os valores um pouco superiores nas amostras com DE = 10 quando comparados com a DE = 14 em todos os tempos de armazenamento.

ARLINDO et al. (2007) constataram, estudando o pimentão em pó armazenado em temperatura ambiente durante 100 dias em embalagem de polietileno desidratado em secador vertical de bandeja a 70 °C, oscilações no pH e nos tempos de 20, 40 e 60 com um pequeno aumento, 4,86; 4,87 e 4,88, respectivamente.

Tabela 4.29 – Valores médios do pH da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE) durante o armazenamento

Tempo de Armazenamento (dias)	pH	
	DE = 10	DE = 14
0	4,55	4,52
10	4,50	4,49
20	4,51	4,51
30	4,56	4,54
40	4,64	4,60
50	4,55	4,54

Nas Tabelas D.1 e D.2 (Apêndice D) tem-se as análises de variância das regressões polinomiais do pH para a polpa do fruto do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina nas DE = 10 e DE = 14, em função do tempo de armazenamento na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%. Observa-se que as equações linear e cúbica apresentaram efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, tanto na DE = 10 quanto na DE = 14, ao passo que a equação de 4º grau se mostrou significativa a 5% de probabilidade apenas na DE = 10; as demais equações não apresentaram efeito significativo nas duas DEs.

Na Tabela 4.30 se apresentam as equações de regressão aplicadas para o pH em função do tempo de armazenamento, para o mandacaru em pó com 10% de maltodextrina, acondicionado em embalagem laminada e armazenada a 25 °C e umidade relativa de 57,7%.

Dos resultados tabelados tem-se, para a DE = 10, que as equações cúbica e de quarto grau, tiveram bons ajustes com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,9 e a equação linear apresentou R^2 muito baixo (0,290) não predizendo satisfatoriamente os dados experimentais; na DE = 14, a equação linear se ajustou de forma similar ao da DE = 10 com $R^2 = 0,460$ e a equação cúbica denotou um R^2 satisfatório. As equações cúbica e 4º grau podem ser usadas para prever os valores de pH com precisão na DE = 10 enquanto na DE = 14 a equação cúbica se ajustou satisfatoriamente. BLUM et al. (2008) obtiveram baixo R^2 (0,362), ao ajustar a equação linear aos dados experimentais do pH em função do tempo de armazenamento para os frutos de caqui tratado com cera de carnaúba e armazenado por 60 dias a 4 °C.

Tabela 4.30 – Equações de regressão para o pH da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE) em função do tempo de armazenamento

DE	Equação	R ²
	$pH = 4,5197 + 1,3928 \times 10^{-3} t^{**}$	0,290
10	$pH = 4,5569 - 1,3770 \times 10^{-2} t + 7,9910 \times 10^{-4} t^2 - 1,0416 \times 10^{-5} t^3^{**}$	0,901
	$pH = 4,5514 - 4,5446 \times 10^{-3} t - 1,9270 \times 10^{-4} t^2 + 2,1874 \times 10^{-5} t^3 - 3,2291 \times 10^{-7} t^4^*$	0,975
	$pH = 4,5036 + 1,3357 \times 10^{-3} t^{**}$	0,460
14	$pH = 4,5260 - 8,1547 \times 10^{-3} t + 5,0714 \times 10^{-4} t^2 - 6,6666 \times 10^{-6} t^3^{**}$	0,888

Em que: t – tempo de armazenamento (dia); ** - Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * - Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

4.5.4– Ácido ascórbico

Na Tabela D.3 (Apêndice D) apresenta-se a análise de variância do ácido ascórbico da polpa de mandacaru em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada com umidade relativa de 57,7% na temperatura de 25 °C. Nota-se efeito significativo a 1% de probabilidade para a dextrose equivalente e para o tempo de armazenamento mas nenhum efeito significativo para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.31 se acham os valores médios de ácido ascórbico da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, armazenado por 50 dias na temperatura de 25 °C. Analisando a DE = 10, o último tempo denotou diferença significativa em relação aos demais, nos tempos 20 e 30 dias e 30 e 40 dias, notando-se valores estatisticamente iguais enquanto entre os tempos 0 e 20 dias as médias foram estatisticamente diferentes entre si. Na DE = 14 os dois últimos tempos (40 e 50 dias) foram estatisticamente diferentes em relação aos demais; desta forma, entre os tempos 0 e 10 dias e 20 e 30 dias, não houve diferença estatística.

Comparando o comportamento entre as DEs, nota-se que as médias do ácido ascórbico se comportaram da mesma maneira, até os 30 dias de armazenamento e nos demais dias foram estatisticamente diferentes, evidenciando uma tendência da influência das dextroses sobre as amostras, a partir de 40 dias.

De acordo com os resultados, a quantidade de ácido ascórbico apresentou tendência de diminuição com o tempo de armazenamento. A redução entre o tempo inicial e o tempo final

atingiu 23,41% (DE = 10) e 26,58% (DE = 14), ou seja, ocorreu uma perda mais consistente na quantidade de ácido ascórbico, ao longo do tempo, e tal perda foi superior na maior dextrose equivalente. Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), o teor de vitamina C tende a diminuir com o armazenamento; fato similar ocorreu com MENEZES et al.(2009) ao compararem polpa de acerola em pó desidratada em estufa com circulação de ar a 70 °C e liofilizadas, armazenadas em embalagens de polietileno de baixa massa específica em condições ambientais durante 180 dias, em que foi detectada uma redução da quantidade de ácido ascórbico em todos os tempos, com perdas de 33,47% (pó liofilizado) e 49,52% (pó secado em estufa); o mesmo foi verificado por YAMASHITA et al. (2003) que, estudando a estabilidade do ácido ascórbico em produtos da acerola, constataram uma redução no teor de vitamina com o tempo de armazenamento em sucos armazenados em temperatura ambiente e na acerola *in natura*.

Tabela 4.31 – Valores médios do ácido ascórbico da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento

Tempo de Armazenamento (dias)	Ácido ascórbico (mg/100g)	
	DE = 10	DE = 14
0	25,50 aA	25,25 aA
10	25,00 aA	24,81 aA
20	23,18 bA	22,67 bA
30	22,13 bcA	21,94 bA
40	21,09 cA	20,11 cB
50	19,53 dA	18,54 dB

DMS p/ colunas = 1,27; DMS para linhas = 0,86; CV% = 2,66; MG = 22,48; DMS - Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Nas Tabelas D.4 e D.5 (Apêndice D) tem-se as análises de variância das regressões polinomiais do ácido ascórbico da polpa do fruto do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina nas DE = 10 e DE = 14, em função do tempo de armazenamento na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%. Apenas a equação linear demonstrou significância a 1% de probabilidade; as outras equações não tiveram efeito significativo nas duas DEs.

Na Tabela 4.32 se apresentam as equações de regressão aplicadas para o ácido ascórbico, em função do tempo de armazenamento para o mandacaru em pó com 10% de maltodextrina acondicionado em embalagem laminada e armazenado a 25 °C e umidade relativa de 57,7%.

De acordo com os dados apresentados, as equações lineares conseguiram estimar os dados experimentais com precisão, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,9. PILON et al. (2006) também utilizaram equações de regressão lineares para avaliar o comportamento do ácido ascórbico de pimentões minimamente processados durante o armazenamento, obtendo R^2 de 0,57.

Tabela 4.32 – Equações de regressão para o ácido ascórbico da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento

DE	Equação	R^2
10	$AA = 25,7843 - 0,1218t$ **	0,986
14	$AA = 25,6789 - 0,1383t$ **	0,978

Em que: AA – Ácido ascórbico (mg/100g); t – Tempo de armazenamento (dia); ** - Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * - Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

4.5.5 – Acidez total titulável

Na Tabela D.9 (Apêndice D) tem-se a análise de variância da acidez total titulável da polpa de mandacaru em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada com umidade relativa de 57,7 na temperatura de 25 °C. Nota-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para o fator tempo e para a dextrose equivalente, não havendo efeito significativo para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.33 se apresentam os valores da acidez total titulável da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, armazenado durante 50 dias na temperatura de 25 °C; a acidez, na maioria dos tempos, não apresentou diferenças significativas durante o armazenamento nas duas DEs, sendo considerada estatisticamente estável.

Observa-se comportamento inverso da acidez em relação ao pH nos mesmos tempos, demonstrando coerência dos dados como esperado. GALDINO et al. (2003) observaram,

estudando o comportamento do umbu em pó obtido por secagem por camada de espuma acondicionado em embalagens laminadas e de polietileno e armazenado durante 60 dias em temperatura ambiente, pequenas oscilações nos valores médios da acidez mas sem alterações significativas.

Confrontando as amostras nas duas DEs percebe-se, estatisticamente, que os valores obtidos na DE = 14 foram maiores que na DE = 10, isto é, foram diferentes indicando que influenciaram na acidez inicial as amostras.

Tabela 4.33 – Valores médios da acidez total titulável da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE) durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Ácidez total titulável (% ácido cítrico)	
	DE = 10	DE = 14
0	1,3994 abB	1,4626 abA
10	1,4310 aB	1,4941 aA
20	1,4155 abB	1,4783 abA
30	1,3863 abB	1,4458 abA
40	1,3526 bB	1,4157 bA
50	1,3678 abB	1,4299 abA

DMS p/ colunas = 0,065; DMS para linhas = 0,04; CV% = 2,15; MG = 1,42; DMS - Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Nas Tabelas D.10 e D.11 (Apêndice D) mostram-se as análises de variância das regressões polinomiais da acidez total titulável do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina nas dextroses equivalentes de 10 e 14, em função do tempo de armazenamento, na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%. Verifica-se que a equação linear foi significativa a 1% de probabilidade pelo teste F e a equação cúbica significativa a 5% de probabilidade; as demais equações não tiveram efeito significativo, tanto na DE = 10 quanto na DE = 14.

Na Tabela 4.34 estão presentes as equações de regressão aplicadas para a acidez total titulável, em função do tempo de armazenamento, para o mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, acondicionado em embalagem laminada

e armazenado a 25 °C e umidade relativa de 57,7%). De acordo com os resultados, as equações com os melhores ajustes foram as equações cúbicas com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99; as equações linear estiveram R^2 baixo indicando não serem satisfatórias para prever os dados experimentais com precisão. HOJO et al. (2007) também verificaram, avaliando o uso de películas de fécula de mandioca e PVC na qualidade pós-colheita de pimentões armazenados em condição ambiente, que acidez total titulável pode ser representada por uma equação polinomial de terceiro grau ($R^2 = 0,9104$).

Tabela 4.34 – Equações de regressão para a acidez total titulável da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento

DE	Equação	R^2
10	$ATT = 1,4220 - 0,0012t^{**}$	0,595
	$ATT = 1,3990 + 0,0066t - 3,8530 \times 10^{-4}t^2 + 4,7932 \times 10^{-6}t^3^*$	0,996
14	$ATT = 1,4851 - 0,0012t^{**}$	0,605
	$ATT = 1,4623 + 0,0065t - 3,8320 \times 10^{-4}t^2 + 4,7675 \times 10^{-6}t^3^*$	0,997

Em que: ATT – Acidez total titulável (% de ácido cítrico); t – Tempo de armazenamento (dia); ** - Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * - Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

4.5.6 –Luminosidade (L^*)

Na Tabela D.12 (Apêndice D) verifica-se a análise de variância da luminosidade da polpa de mandacaru em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada com umidade relativa de 57,7% na temperatura de 25 °C. Nota-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para o fator tempo, para a dextrose equivalente e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.35 se encontram os valores da luminosidade da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, armazenado por 50 dias na temperatura de 25 °C. De forma geral, verifica-se uma redução da luminosidade ao longo do tempo de armazenamento, exceto no tempo 20 dias para DE = 10 e no tempo 30 dias para a DE = 14, em que se registrou um aumento significativo em relação ao tempo anterior na primeira e uma estabilidade pontual na segunda. A redução no tempo de armazenamento na DE = 10 foi 24,50% e na DE = 14 foi 23,06%. Avaliando os resultados de cada DE percebe-se que em todos os tempos a DE = 10 apresentou diferença significativa

entre as médias; já na DE = 14 este fato só ocorreu entre os tempos 0 e 10 dias enquanto entre os tempos 20 e 30 dias e entre 40 e 50 dias as médias foram estatisticamente iguais. FIGUEIRÊDO et al. (2005) verificaram, ao estudar a cor no pó de acerola e acompanhar as alterações nesta propriedade em amostras armazenadas sob temperaturas e umidades relativas controladas, que nas amostras armazenadas em ambiente com umidade relativa de 52,89% também ocorreu diminuição da luminosidade, ao final de trinta dias de armazenamento.

Comparando os resultados entre as dextroses tem-se, em todos os tempos, diferenças significativas; já a partir do tempo 0 dia; por conseguinte, as dextroses equivalentes exerceram influência na luminosidade das amostras em pó.

Tabela 4.35 – Valores médios da luminosidade da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE) durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Luminosidade (L*)	
	DE = 10	DE = 14
0	53,79 aA	50,34 aB
10	48,26 cA	47,45 bB
20	48,74 bA	42,55 cB
30	45,42 dA	42,67 cB
40	44,21 eA	38,90 dB
50	40,61 fA	38,73 dB

DMS p/ colunas = 0,31; DMS para linhas = 0,21; CV% = 0,32; MG = 45,14; DMS - Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Nas Tabelas D.13 e D.14 (Apêndice D) estão presentes as análises de variância das regressões polinomiais da luminosidade do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, em função do tempo de armazenamento, na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%. Verifica-se que todas as equações (linear, quadrática, cúbica, quarto grau e quinto grau) foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F na DE = 10; o mesmo se aplica na DE = 14 para as equações linear, quadrática e de 5º grau; as demais não apresentaram significância estatística.

Na Tabela 4.36 estão as equações de regressão aplicadas para a luminosidade em função do tempo de armazenamento, para o mandacaru em pó com 10% de maltodextrina

com dextroses equivalentes de 10 e 14, acondicionado em embalagem laminada e armazenado a 25 °C e umidade relativa de 57,7%.

Tabela 4.36 – Equações de regressão para a luminosidade da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE) em função do tempo de armazenamento

DE	Equação	R ²
	$L = 52,6552 - 0,2324t^{**}$	0,929
	$L = 52,8274 - 0,2583t + 5,1651 \times 10^{-4}t^{2**}$	0,930
10	$L = 53,5037 - 0,5671t + 1,7424 \times 10^{-2}t^2 - 2,2543 \times 10^{-4}t^3^{**}$	0,963
	$L = 53,6936 - 0,8836t + 5,1450 \times 10^{-2}t^2 - 1,3332 \times 10^{-3}t^3 + 1,1078 \times 10^{-5}t^4^{**}$	0,973
	$L = 53,7974 - 2,0995t + 0,2604t^2 - 1,3207 \times 10^{-2}t^3 + 2,8370 \times 10^{-4}t^4 - 2,1810 \times 10^{-6}t^5^{**}$	0,999
	$L = 49,4132 - 0,2387t^{**}$	0,925
14	$L = 50,4908 - 0,4003t + 3,2330 \times 10^{-3}t^2^{**}$	0,961
	$L = 50,34 + 1,0914t - 0,2528t^2 + 0,0145t^3 - 3,3562 \times 10^{-4}t^4 + 2,6924 \times 10^{-6}t^5^{**}$	0,999

Em que: L – Luminosidade (L*); t – Tempo de armazenamento (dia); ** - Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * - Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

Avaliando as equações polinomiais, observa-se um ótimo ajuste da equação de 5º grau com um coeficiente de determinação (R^2) = 0,999, nas duas DEs; as equações linear e quadrática para as duas DEs e cúbica e de 4º grau, apenas para DE = 10, obtiveram $R^2 > 0,9$, representando bons ajustes; entretanto, deve-se dar preferência à equação linear, em ambas as dextroses equivalentes, para estimar o comportamento da luminosidade da polpa do mandacaru em pó pois esta equação apresenta o menor número de termos e o resultado de R^2 foi considerado bom por ser superior a 0,9. Desta forma, qualquer uma das equações polinomiais pode ser usada para a estimativa da luminosidade. MOURA et al. (2007) obtiveram, para a maçã-passa armazenada durante 189 dias em embalagens de polietileno de 140 µm de espessura nas temperaturas de 5, 25 e 35 °C, coeficientes de determinação de 0,5606; 0,8786 e 0,817, respectivamente, com ajustes por equações lineares aos dados experimentais da luminosidade, em função do tempo de armazenamento.

4.5.7– Intensidade de vermelho (+a)

Na Tabela D.15 (Apêndice D) tem-se a análise de variância da intensidade de vermelho da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada com umidade relativa de 57,7% na temperatura de 25 °C. Nota-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para o fator tempo, para a dextrose equivalente e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.37 se encontram os valores da intensidade de vermelho da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, armazenado 50 dias na temperatura de 25 °C. Observa-se diminuição aos 10 dias de armazenamento, seguida de um aumento constante do tempo 20 dias até o tempo final, em ambas as DEs; na DE = 10 entre os tempos inicial e final ocorreu uma redução de 6,31% e na DE = 14 um aumento 4,29%. Estatisticamente, os resultados não apresentam diferença significativa durante os tempos 10 e 20 dias, na DE = 10, e entre os tempos 0 e 40 dias, na DE = 14.

Entre as DE, os valores da DE = 14 foram estatisticamente maiores que os valores da DE = 10, desde o tempo zero até o final do armazenamento, ou seja, as amostras com DE = 14 apresentaram maior deslocamento na direção do vermelho. A taxa de escurecimento em produtos de frutas armazenados depende da atividade de água do alimento e da temperatura de estocagem e aumenta consideravelmente quando o teor de água do produto é maior que 4 a 5% b.u. (FELLOWS, 2006).

SILVA et al. (2005a) encontraram para o umbu-cajá em pó produzido por secagem em camada de espuma em estufa com circulação de ar a 70 °C acondicionado em embalagens de polietileno, um aumento da intensidade de vermelho entre o início e o décimo dia de armazenamento das amostras armazenadas em temperatura ambiente e por CARDOSO (2008) que armazenou geleia de jambo sem casca acondicionada em recipientes de vidro durante 167 dias nas temperaturas de 25 e 35 °C verificando aumento da intensidade de vermelho dos 66 aos 167 dias. FIGUEIRÊDO et al. (2005) encontraram, para a acerola em pó produzida a partir da polpa de acerola adicionada de 15% de maltodextrina e 5% de goma arábica através de secagem por aspersão acondicionada durante 30 dias nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C; esses autores observaram diminuição da intensidade de vermelho ao longo do tempo de armazenamento.

Tabela 4.37 – Valores médios da intensidade de vermelho da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE) durante o armazenamento

Tempo de Armazenamento (dias)	Intensidade de vermelho (+a)	
	DE = 10	DE = 14
0	16,48 aB	17,96 bA
10	11,13 eB	11,77 eA
20	11,21 eB	12,87 dA
30	14,13 dB	15,53 cA
40	14,89 cB	18,21 bA
50	15,44 bB	18,73 aA

DMS p/ colunas = 0,38; DMS para linhas = 0,26; CV% = 1,21; MG = 14,87; DMS - Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Tabela D.16 e D.17 (Apêndice D) tem-se as análises de variância das regressões polinomiais da intensidade de vermelho do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, em função do tempo de armazenamento na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%. Constata-se que todas as equações (linear, quadrática, cúbica e quarto grau) foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F, na DE = 10 e na DE = 14.

Na Tabela 4.38 estão presentes as equações de regressão aplicadas para a intensidade de vermelho em função do tempo de armazenamento para o mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, acondicionado em embalagem laminada e armazenado a 25 °C e umidade relativa de 57,7%. Embora todas as equações se tenham mostrado significativas a 1% de probabilidade, a equação de 5º grau apresentou o melhor ajuste com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,999; as equações cúbicas e de 4º grau resultaram em bons ajustes com R^2 superiores a 0,9; conseqüentemente, qualquer uma dessas equações pode ser usada para predizer o comportamento da intensidade de vermelho em função do tempo. As equações lineares e quadráticas apresentaram R^2 baixos sendo consideradas insatisfatórias para predição da intensidade de vermelho. ARLINDO et al. (2007) obtiveram $R^2 = 0,6161$, ao ajustar a equação linear aos dados experimentais do

pimentão em pó armazenado em embalagem de polietileno de baixa massa específica durante 100 dias em temperatura ambiente, em função do tempo de armazenamento.

Tabela 4.38 – Equações de regressão para a intensidade de vermelho da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento

DE	Equação	R ²
10	$a = 13,2434 + 2,5678 \times 10^{-2} t^{**}$	0,046
	$a = 15,1620 - 0,2621t + 5,7558 \times 10^{-3} t^{2**}$	0,541
	$a = 16,3624 - 0,8102t + 3,5764 \times 10^{-2} t^2 - 4,0011 \times 10^{-4} t^3^{**}$	0,956
	$a = 16,5246 - 1,0806t + 6,4831 \times 10^{-2} t^2 - 1,3464 \times 10^{-3} t^3 + 9,4635 \times 10^{-6} t^4^{**}$	0,986
	$a = 16,4875 - 0,6459t - 9,8989 \times 10^{-3} t^2 + 2,8990 \times 10^{-3} t^3 - 8,8010 \times 10^{-5} t^4 + 7,7979 \times 10^{-7} t^5^{**}$	0,999
14	$a = 14,0036 + 7,3835 \times 10^{-2} t^{**}$	0,216
	$a = 16,3783 - 0,2823t + 7,1241 \times 10^{-3} t^{2**}$	0,647
	$a = 17,8185 - 0,9400t + 4,3127 \times 10^{-2} t^2 - 4,8004 \times 10^{-4} t^3^{**}$	0,987
	$a = 17,9454 - 1,0806t + 6,5875 \times 10^{-2} t^2 - 1,2206 \times 10^{-3} t^3 + 7,4062 \times 10^{-6} t^4^{**}$	0,997
	$a = 17,9649 - 1,3799t + 0,1051 t^2 - 3,4506 \times 10^{-3} t^3 + 5,8604 \times 10^{-5} t^4 - 4,0958 \times 10^{-7} t^5^{**}$	0,999

Em que: a – Intensidade de vermelho (+a); t – Tempo de armazenamento (dia); ** - Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * - Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

4.5.8 – Intensidade de amarelo (+b)

Na Tabela D.18 (Apêndice E) tem-se a análise de variância da intensidade de amarelo da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada com umidade relativa de 57,7% na temperatura de 25 °C. Percebe-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para o fator tempo, para a dextrose equivalente e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.39 estão os valores da intensidade de amarelo da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, armazenado por 50 dias na temperatura de 25 °C. Observa-se, nas duas DEs, um decréscimo da intensidade de amarelo entre 0 e 10 dias; a partir de 10 dias a intensidade de amarelo se eleva entre todos os tempos atingindo, ao final do armazenamento, aumentos percentuais de 7,81% para a DE = 10 e 12,24% para a DE = 14. Comportamento semelhante foi detectado

por GOMES et al. (2004) ao armazenarem acerola em pó (formulada com 90% polpa+ 10% maltodextrina) obtida por secagem em leito de jorro a 70 °C e colocadas em sacos de polietileno cujo aumento, ao fim dos 60 dias, foi de 21% e por MATSUURA (1994) que também verificou aumento na intensidade de amarelo durante o armazenamento do suco integral de acerola com e sem tratamento térmico, durante 180 dias a -18°C.

Confrontando os valores entre as DEs observa-se que os mesmos se diferenciam significativamente no tempo 0 e durante todo o tempo de armazenamento, configurando maiores valores da DE = 14 em relação à DE = 10.

Tabela 4.39 – Valores médios da intensidade de amarelo da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE) durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Intensidade de amarelo (+b)	
	DE = 10	DE = 14
0	39,18 cB	40,51 dA
10	33,17 fB	34,46 fA
20	34,27 eB	35,45 eA
30	38,36 dB	42,12 cA
40	40,86 bB	44,72 bA
50	42,24 aB	45,47 aA

DMS p/ colunas = 0,71; DMS para linhas = 0,48; CV% = 0,84; MG = 39,24; DMS - Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Nas Tabelas D.19 e D.20 (Apêndice D) tem-se as análises de variância das regressões polinomiais da intensidade de amarelo do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14 em função do tempo de armazenamento, na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%. Constata-se que todas as equações (linear, quadrática, cúbica e quarto grau) foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F e a equação de quinto grau não se apresentou estatisticamente significativa, na DE = 10, ao passo que na DE = 14 todas as equações se apresentaram significativas a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.40 estão presentes as equações de regressão aplicadas para a atividade de água em função do tempo de armazenamento para o mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, acondicionado em embalagem laminada e armazenado a 25 °C e umidade relativa de 57,7%.

Tabela 4.40 – Equações de regressão para a intensidade de amarelo da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento

DE	Equação	R ²
10	$b = 34,9872 + 0,1211t^{**}$	0,396
	$b = 37,5217 - 0,2589t + 7,6035 \times 10^{-3}t^2^{**}$	0,728
	$b = 39,0459 - 0,9550t + 4,5707 \times 10^{-2}t^2 - 5,0805 \times 10^{-4}t^3^{**}$	0,986
	$b = 39,2093 - 1,2273t + 0,0749t^2 - 1,4611 \times 10^{-3}t^3 + 9,5312 \times 10^{-6}t^4^{**}$	0,998
14	$b = 36,0153 + 0,1777t^{**}$	0,516
	$b = 38,4242 - 0,1835t + 7,2267 \times 10^{-3}t^2^{**}$	0,698
	$b = 40,4708 - 1,1181t + 5,8389 \times 10^{-2}t^2 - 6,8217 \times 10^{-4}t^3^{**}$	0,980
	$b = 40,5981 - 1,3303t + 8,1201 \times 10^{-2}t^2 - 1,4248 \times 10^{-3}t^3 + 7,4270 \times 10^{-6}t^4^{**}$	0,984
	$b = 40,5175 - 0,3863t - 8,1076 \times 10^{-2}t^2 + 7,7943 \times 10^{-3}t^3 - 2,0423 \times 10^{-4}t^4 + 1,6933 \times 10^{-6}t^5^{**}$	0,999

Em que: b – Intensidade de amarelo (+b); t – Tempo de armazenamento (dia); ** - Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * - Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

Todas as equações polinomiais foram significativas a 1% de probabilidade; todavia, as equações lineares da DE = 10 e da DE = 14, não predizem satisfatoriamente os dados experimentais em razão dos coeficientes de determinação (R²) terem sido baixos; as equações quadráticas também apresentaram baixos R² embora maiores que nos ajustes lineares; as equações cúbicas e de 4º grau obtiveram R² > 0,9 ajustado com boa precisão aos dados experimentais, embora esta última equação tenha demonstrado melhor ajuste na DE = 10 com R² = 0,998 e na DE = 14 a equação de 5º grau proporcionou maior R². PEREIRA et al. (2006) obtiveram, estudando o armazenamento do tomate em pó para a equação de 4º grau R² = 0,9332, sendo significativa a 5% de probabilidade para representar a intensidade de amarelo.

4.5.9 – Molhabilidade

Na Tabela D.24 (Apêndice D) está presente a análise de variância da molhabilidade da água da polpa de mandacaru em pó, em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14)

e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada com umidade relativa de 57,7% na temperatura de 25 °C. Verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para a dextrose equivalente, para o fator tempo e para a interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.41 se encontram os valores da molhabilidade da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, armazenada por 50 dias na temperatura de 25 °C.

Tabela 4.41– Valores médios da molhabilidade da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE) durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Molhabilidade (g/min)	
	DE = 10	DE = 14
0	0,0067 eB	0,0090 eA
10	0,0070 eB	0,0093 eA
20	0,0095 dB	0,0111 dA
30	0,0132 cB	0,0152 cA
40	0,0200 bB	0,0243 bA
50	0,0247 aB	0,0288 aA

DMS p/ colunas = 0,0007; DMS para linhas = 0,001; CV% = 3,17; MG = 0,015; DMS - Desvio mínimo significativo; MG – Média geral; CV – Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Percebe-se, nas duas dextroses equivalentes, o aumento progressivo da molhabilidade ao longo do armazenamento passando de 0,0067 a 0,0247 g/min na DE = 10 e de 0,0090 a 0,0288 g/min na DE = 14, correspondendo a aumentos de 268,66% e 220%, respectivamente. Similarmente, ENDO et al. (2007) observaram, estudando suco de maracujá em pó e misturado com sacarose (na proporção 3:7,5) obtidos por secagem por aspersão durante o armazenamento por 180 dias, nas temperaturas de 30 e 40 °C, um aumento gradativo desta propriedade até 120 dias, em ambos os produtos e após um decréscimo para o suco misto, devido, provavelmente à formação de aglomerados de alta rigidez, o que dificulta a molhabilidade, e por KOWALSKA & LENART (2005) ao analisarem a influência da sacarose comercial misturada com cacau em pó que também melhorou a molhabilidade ($p < 0,05$).

Observando a influência da DE, notam-se diferenças significativas em todos os tempos com valores maiores para as amostras com DE = 14.

Nas Tabelas D.25 e D.26 (Apêndice D) se apresentam as análises de variância das regressões polinomiais da molhabilidade do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, em função do tempo de armazenamento na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%. Constata-se que todas as equações (linear, quadrática, cúbica, quarto grau e quinto grau) foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F na DE = 10, enquanto na DE = 14 apenas a equação de 5º grau apresentou significância a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.42 se acham as equações de regressão aplicadas para a molhabilidade em função do tempo de armazenamento para o mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14 (DE = 10 e DE = 14), acondicionado em embalagem laminada e armazenado a 25 °C e umidade relativa de 57,7%.

Registra-se que todas as equações polinomiais (linear, quadrática, cúbica, quarto grau e quinto grau) na DE = 10 foram significativas a 1% de probabilidade obtendo-se coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99, exceto a equação linear cujo valor alcançado foi 0,923; ainda assim, todas as equações podem ser usadas para estimar os dados experimentais com precisão, pois o R^2 encontrado foi acima de 0,9.

Na DE = 14 a equação de 5º grau com $R^2 = 0,999$, foi significativa a 5% de probabilidade, com ótimo ajuste, embora as equações quadrática, cúbica e de quarto grau apresentassem $R^2 > 0,9$ considerados bons ajustes, com significância de 1% de probabilidade, sendo qualquer uma delas usada para estimar os dados com precisão. A equação linear, entretanto, apontou um R^2 satisfatório com 0,893 e por isso foi a menos precisa.

Tabela 4.42 – Equações de regressão para a intensidade de amarelo da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE), em função do tempo de armazenamento

DE	Equação	R ²
10	$M = 4,0357 \times 10^{-3} + 3,7907 \times 10^{-4} t^{**}$	0,923
	$M = 6,3750 \times 10^{-3} + 2,8178 \times 10^{-5} t + 7,0178 \times 10^{-5} t^2^{**}$	0,991
	$M = 6,8111 \times 10^{-3} - 1,7097 \times 10^{-4} t + 1,7920 \times 10^{-5} t^2 - 1,4537 \times 10^{-7} t^3^{**}$	0,996
	$M = 6,6593 \times 10^{-3} + 8,1997 \times 10^{-5} t - 9,2743 \times 10^{-6} t^2 + 7,4004 \times 10^{-7} t^3 - 8,8541 \times 10^{-9} t^4^{**}$	0,998
	$M = 6,6999 \times 10^{-3} - 3,9416 \times 10^{-4} t + 7,2583 \times 10^{-5} t^2 - 3,9104 \times 10^{-6} t^3 + 9,7916 \times 10^{-7} t^4 - 8,5416 \times 10^{-9} t^5^{**}$	0,999
14	$M = 5,7071 \times 10^{-3} + 4,2321 \times 10^{-4} t^{**}$	0,893
	$M = 8,6892 \times 10^{-3} - 2,4107 \times 10^{-5} t + 8,9464 \times 10^{-6} t^2^{**}$	0,978
	$M = 9,3142 \times 10^{-3} - 3,0952 \times 10^{-4} t + 2,4571 \times 10^{-5} t^2 - 2,0833 \times 10^{-7} t^3^{**}$	0,986
	$M = 8,9446 \times 10^{-3} + 3,0654 \times 10^{-4} t - 4,1656 \times 10^{-5} t^2 + 1,9479 \times 10^{-6} t^3 - 2,1562 \times 10^{-6} t^4^{**}$	0,997
	$M = 8,9999 \times 10^{-3} - 3,4149 \times 10^{-4} t + 6,9749 \times 10^{-5} t^2 - 4,3812 \times 10^{-6} t^3 + 1,2374 \times 10^{-7} t^4 - 1,1624 \times 10^{-8} t^5^*$	0,999

Em que: M - Molhabilidade (g/min); t – Tempo de armazenamento (dia); ** - Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * - Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

4.6 – Isotermas de adsorção de água

Nas Tabelas E.1, E.2 e E.3 (Apêndice E) estão presentes os valores médios da atividade de água (a_w) e teores de água de equilíbrio (% b.s.), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextrose equivalente 10 (DE = 10) coletado na câmara de secagem e secado a uma temperatura de 170 °C. Observa-se o aumento teor de água de equilíbrio como aumento da atividade de água indicando o aumento da higroscopicidade do mandacaru em pó; tal comportamento também foi identificado por ALCÂNTARA et al. (2009) ao avaliarem as isotermas de adsorção do pedúnculo do caju secado na temperatura de 25 °C.

Na Tabela 4.43 se apresentam os valores dos parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina (DE = 10), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

Tabela 4.43 - Parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina (DE = 10) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	P(%)	
		X_m	C	K			
GAB	20	8,1672	1,1241	0,9770	0,9968	12,06	
	30	6,3611	2,6547	0,9913	0,9985	7,87	
	40	6,2197	3,2760	0,9878	0,9990	4,59	
Oswin	Temp. (°C)	a		b	R^2	P(%)	
	20	8,7110		0,8809	0,9964	13,63	
	30	8,7757		0,8448	0,9984	6,15	
	40	8,9747		0,8170	0,9989	5,23	
Peleg	Temp. (°C)	K_1	n_1	K_2	n_2	R^2	P(%)
	20	37,5456	2,1253	132,8550	13,9057	0,9978	8,85
	30	37,5242	1,9875	165,2041	17,5123	0,9994	4,82
	40	131,6946	14,1457	30,4963	1,6367	0,9985	5,63

Os valores na tabela demonstram que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais das isotermas de adsorção para o mandacaru em pó com 10% de maltodextrina (DE = 10) foi o de Peleg, para as temperaturas de 20 e 30 °C, por apresentar os maiores coeficientes de determinação (R^2), superiores a 0,99, e os menores desvios percentuais médios (P) 8,85 e 4,82%, respectivamente. Na temperatura de 40 °C o modelo que melhor se ajustou aos valores experimentais foi o de GAB, com maior R^2 (0,9990) e menor P (4,59%).

O modelo de GAB resultou em $R^2 > 0,99$ nas três temperaturas, na temperatura de 20 °C o valor de P superou 10%, considerado alto valor. ASCHERI et al. (2007) reportaram o modelo de GAB como sendo o que melhor se ajustou às amostras de farinhas mistas extrusadas de bagaço de jabuticaba e arroz polido, obtendo $R^2 > 0,99$ e $P < 3,3\%$.

Em relação aos parâmetros do modelo de GAB, os valores correspondentes à umidade na monocamada molecular (X_m) diminuíram com o aumento da temperatura. SILVA et al. (2006) observaram, ao adicionar 30% de maltodextrina (DE = 20) em polpa de camu-camu observaram redução do valor de X_m de 15,8 para 6,5. Para SABLANI et al. (2007) a umidade na monocamada é um efetivo método para estimar a quantidade de água ligada aos sítios

específicos polares em alimentos desidratados e o conteúdo de umidade na monocamada deve ser estável em relação às deteriorações microbiológicas.

Os valores de C nas temperaturas de 30 e 40 °C foram maiores que 2 e, no caso de K menores que 1, o que classifica as isotermas como sendo do Tipo II (BLAHOVEC, 2004), a essas temperaturas. Na temperatura de 20 °C a isoterma de adsorção de água se classifica como sendo do Tipo III, por apresentar $0 < K \leq 1$ e $0 \leq C < 2$. Neste modelo C corresponde à função das interações entre os sítios ativos do produto e as moléculas de água e K , o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido (ALEXANDRE et al., 2007). COSTA et al. (2003) encontraram, estudando as isotermas de adsorção de pós de beterraba, abóbora e cenoura desidratados em secador leito de jorro, valores para K menores que 1.

A classificação do tipo de isotermas de adsorção permite indicar o tipo de embalagem mais adequado e estimar o grau de desidratação do alimento perante as mudanças de temperatura que podem ocorrer durante o armazenamento (RODRIGUES, 2003). Compatível com o tipo de isoterma de adsorção identificada nas amostras nas temperaturas de 30 e 40 °C, ASCHERI (1999) classificou as isotermas de adsorção das microcápsulas de óleo essencial de laranja preparadas previamente pela adição de capsul e goma arábica, em diferentes concentrações, e maltodextrina, água e óleo essencial, obtidos em *spray drying* como sendo Tipo II. SILVA et al. (2008) justificaram, em estudo do comportamento higroscópico do açaí e do cupuaçu em pó e classificaram as isotermas como características do Tipo III justificando o comportamento como típico de materiais ricos em carboidratos.

Em relação ao modelo de Oswin em todas as temperaturas tiveram $R^2 > 0,99$, porém, assim como no modelo de GAB, na temperatura de 20 °C $P > 10\%$. Observando os parâmetros a e b , nota-se que aumentou com o aumento da temperatura enquanto b diminuiu.

No modelo de Peleg K_1 e n_1 , foram reduzidos da temperatura de 20 para a 30 °C, seguido de aumentos a 40 °C, K_2 e n_2 se comportaram de forma contrária aumentando da temperatura de 20 para a de 30 °C, e decrescendo na de 40 °C.

No Apêndice E (Figuras E.1 e E.2) tem-se as isotermas de adsorção do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina ($DE = 10$) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C ajustadas pelos modelos de GAB e Oswin.

Na Figura 4.11 se apresentam as isotermas de adsorção do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina ($DE = 10$) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas ao modelo de Peleg, considerado o melhor quando comparado com os modelos de GAB e Oswin. As isotermas

foram classificadas como sendo do Tipo II, visto que se aproximam da forma sigmoide. MORAES et al. (2010) também consideraram o modelo de Peleg como sendo o melhor no ajuste dos dados de adsorção do amido da batata doce, nas temperaturas de 25, 33, 40 e 48 °C, resultando em $R^2 > 0,99$ e $P < 5,1\%$. Nota-se que o teor de água de equilíbrio nas três temperaturas em toda a faixa de a_w apresentou valores próximos.

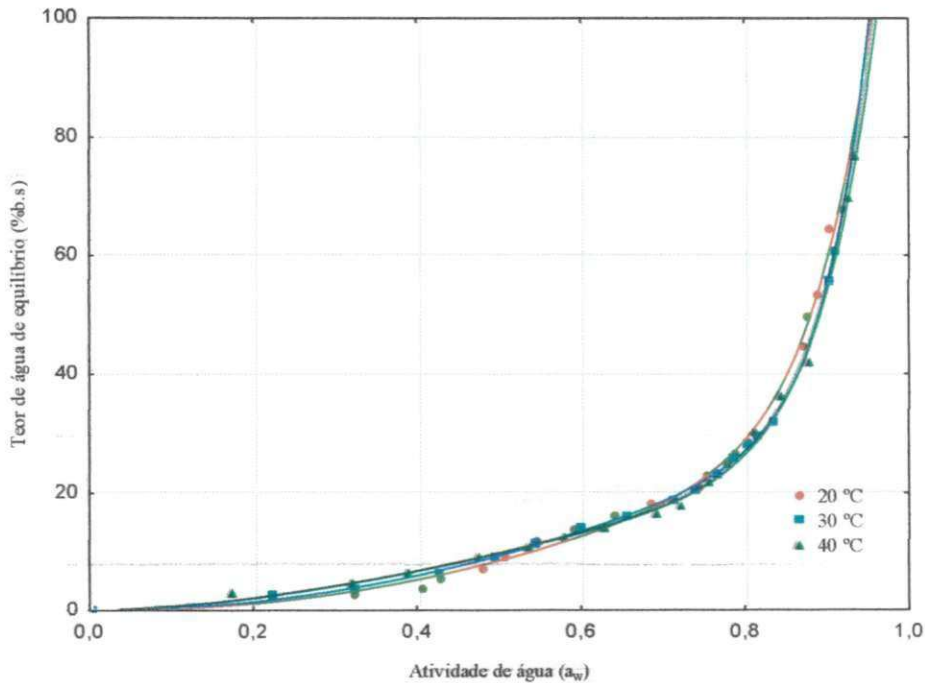


Figura 4.11 – Isothermas de adsorção de água da polpa do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina ($DE = 10$), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de Peleg

Nas Tabelas E.6, E.7 e E.8 (Apêndice E) observam-se os valores médios da atividade de água (a_w) e teores de água de equilíbrio (% b.s), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina com dextrose equivalente 14 ($DE = 14$) coletado na câmara de secagem e secado a uma temperatura de 170 °C. Assim como as amostras com $DE = 10$, o aumento do teor de água de equilíbrio foi proporcional ao crescimento da atividade de água.

Na Tabela 4.44 se apresentam os valores dos parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P) das isothermas de adsorção do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina ($DE = 14$), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Os produtos em pó com 10% de maltodextrina na $DE = 14$ se

comportaram de forma análoga a $DE = 10$ de mesma concentração. Semelhante à amostra correspondente a $DE = 10$, o modelo que se ajustou melhor aos dados experimentais foi o modelo de Peleg, com $R^2 > 0,99$ e desvios percentuais médios (P) inferiores a 7,8%. Nota-se que, com o aumento da temperatura, os valores de X_m se reduziram, C foi maior que 2 nas temperaturas de 30 e 40 °C e K foi inferior a 1 em todas as temperaturas. Tais características permitem classificar as isotermas de adsorção de água desta amostra secada também como sendo do Tipo II, nessas temperaturas. Na temperatura de 20 °C a isoterma é do Tipo III pelas razões supracitadas anteriormente ($0 < K \leq 1$ e $0 \leq C < 2$).

Tabela 4.44 - Parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina ($DE = 14$), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	P(%)	
		X_m	C	K			
GAB	20	10,4182	0,7354	0,9621	0,9971	7,97	
	30	7,5909	2,1297	0,9827	0,9995	5,61	
	40	5,0734	4,8065	0,9977	0,9897	6,69	
Oswin	Temp. (°C)	a	b	R^2	P(%)		
	20	9,0483	0,8963	0,9963	10,69		
	30	9,9672	0,8302	0,9995	5,14		
	40	7,7620	0,8320	0,9888	10,24		
Peleg	Temp. (°C)	K_1	n_1	K_2	n_2	R^2	P(%)
	20	28,7655	1,7296	116,699	10,0952	0,9980	7,77
	30	35,3530	1,7431	127,274	12,8382	0,9998	2,68
	40	94,3097	9,9749	17,8165	1,0642	0,9899	5,30

Os modelos de GAB e Oswin apresentaram $R^2 > 0,98$ e $P \leq 10\%$, podendo-se utilizar também esses modelos para estimar as isotermas nas temperaturas avaliadas. OLIVEIRA et al. (2011) encontraram, ao trabalhar com isotermas de adsorção em sapoti liofilizado na temperatura de 23 °C, para este modelo $R^2 > 0,99$ e $P = 18,10\%$.

No modelo de Peleg K_1 e n_1 aumentaram à medida em que a temperatura aumentou; K_2 e n_2 aumentaram da temperatura de 20 °C para a 30 °C, seguidas de uma diminuição em 40 °C.

No Apêndice E (Figuras E.7 e E.8) verificam-se as isotermas de adsorção do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina (DE = 14) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C ajustadas aos modelos de GAB e Oswin.

Na Figura 4.14 se observam isotermas de adsorção do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina (DE = 14) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas ao modelo de Peleg, considerado o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais. PEREIRA (2008) apontou o modelo de Peleg como sendo também o que melhor se ajustou às isotermas de adsorção de água a 30 °C para a formulação em pó elaborada com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e 15% de maltodextrina, apresentando $R^2 > 0,99$ e $P = 2,62\%$. Observa-se que a curva da temperatura de 40 °C está em posição inferior às temperaturas de 30 e 20 °C, quando a a_w está entre 0,6 a 0,8. Esta inversão na posição da curva de 40 °C tem sido reportada na literatura para níveis de a_w e temperaturas diferentes, dependendo do teor de açúcares do produto (SARAVACOS et al., 1986; TSAMI, 1990). Além disto, nem sempre as isotermas de sorção em diversas temperaturas apresentam separação consistente ao longo de toda a curva, sendo muito frequente observar-se um cruzamento entre as curvas em alta atividade de água (GIOIELLI & PITOMBO, 1998).

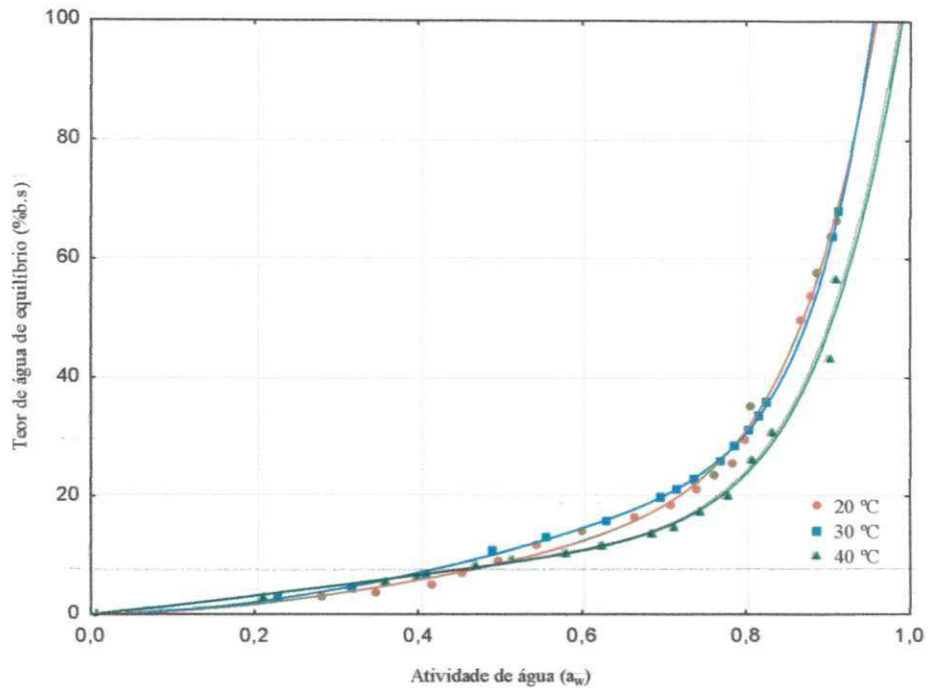


Figura 4.12 – Isotermas de adsorção de água da polpa do mandacaru em pó com 10% de maltodextrina (DE = 14), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas ao modelo de Peleg

5 – CONCLUSÕES

- A polpa do fruto do mandacaru integral apresentou-se ácida, com alto teor de açúcares totais e sólidos insolúveis, e com cor predominantemente amarela;
- A adição de maltodextrina em diferentes concentrações (10, 15 e 20%) e diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14) modificou as características químicas, físicas e físico-químicas da polpa do mandacaru;
- A polpa do fruto do mandacaru integral e as formulações apresentaram comportamento de fluidos não-newtoniano com caráter pseudoplástico, e o modelo reológico de Herschel-Bulkley foi o que melhor se ajustou aos reogramas;
- As formulações com as diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%) e as diferentes dextroses equivalentes (DE = 10 e DE = 14) secaram com êxito no secador por aspersão, com os maiores rendimentos para as amostras com DE = 14;
- As amostras em pó apresentaram maior retenção das características químicas, físicas e físico-químicas em relação à polpa integral e as formulações;
- As amostras secadas com diferentes concentrações de maltodextrina com DE = 14 apresentaram maiores valores de acidez total titulável (concentração de 10 e 20%), açúcares totais, redutores e não redutores, cinzas (concentração de 10 e 15%), intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, quando comparadas com as mesmas concentrações com DE = 10;
- As demais propriedades físicas inferiram maior eficiência na DE = 14;
- As embalagens flexíveis laminadas não conseguiram impedir a absorção de água pelas amostras em pó;
- A acidez total titulável das amostras em pó sofreu influência da dextrose equivalente, sendo maior na DE = 14, mas não foi influenciada pelo tempo de armazenamento, apontando semelhança com o pH;
- A luminosidade denotou redução em seus valores absolutos, nas DEs;
- A intensidade de vermelho apresentou tendência de aumento com o tempo de armazenamento, assim como a intensidade de amarelo, sendo esta maior na DE = 14;
- Durante o armazenamento as amostras em pó foram consideradas seguras microbiologicamente, em razão da atividade de água ter atingido o valor máximo de 0,351;
- A molhabilidade das amostras em pó apontou maior potencialização na DE = 14 no transcorrer dos 50 dias de estudo;

- As isotermas de adsorção de água da polpa do fruto do mandacaru em pó formulado com 10% de maltodextrina, tanto na DE = 10 quanto na DE = 14, nas temperaturas de 30 e 40 °C, foram classificadas como tipo II e na temperatura de 20 °C, como tipo III;

- O modelo de Peleg teve o melhor ajuste aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água da polpa do fruto do mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina, nas duas dextroses equivalentes.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIO, F. D. B.; DOMINGUES, A. M.; BORGES, S. V.; OLIVEIRA, V. A. Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice: Effect of maltodextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering**, v. 64, n. 3, p. 285-287, 2004.

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R.; TROUNG, V. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling. **Journal of Food Engineering**, v. 62, n. 1, p. 53-68, 2004.

ADORNO, R. A. C. **Reologia de sucos de frutas tropicais: manga, maracujá, mamão e goiaba**. 1997. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

AGRA, M. F.; BARACHO, G. S.; BASÍLIO, I. J. D.; NURIT, K.; COELHO, V. P.; BARBOSA, D. A. Sinopse da flora medicinal do cariri paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 323-330, 2007.

ALAMILLA-BELTRÁN, L.; CHANONA-PÉREZ, J. J.; JIMÉNEZ-APARÍCIO, A. R.; GUTIÉRREZ-LOPES, G. F. Description of morphological changes of particles along spray drying. **Journal of Food Engineering**, v. 67, n. 1-2, p. 179-184, 2005.

ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C. Uso de recursos vegetais da caatinga: o caso do agreste do estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil). **INCI**, v. 27, n. 7, p. 336-346, 2002.

ALBURQUERQUE, S. G. **O bioma caatinga representado na cultura popular nordestina**. 1. ed. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 38 p.(Documentos 166)

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H., GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 81-87, 2009.

ALCOFORADO-FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botânica Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 287-303, 2003.

ALEXANDER, J. R. Maltodextrins: production, properties and application. In: SCHENCK, E. W.; HEBEDA, R. E. **Starch hydrolysis products: worldwide technology, production and applications**. New York: VHC Publishes, 1992. 233-275 p.

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

ALENXANDROU, A. N.; MCGILVRVREAY, T. M.; BURGOS, G. Steady Hershel-Bulkley fluid flow in three dimensional expansions. **Journal Non-Newtonian Fluid Mech**, v. 100, n. 1-3, p. 77-96, 2001.

ALMEIDA, M. M.; SILVA, F. L. H.; CONRADO, L. S.; FREIRE, R. M. M.; VALENÇA, A. R. Caracterização física e físico-química de frutos de mandacaru. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 1, p. 15-20, 2009.

ALMEIDA, M. M. **Estudo da bioconversão do mandacaru (Cereus jamacaru P. DC) para produção de bioprodutos**. 2007. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ALMEIDA, F. A. C.; GOMES, J. P.; MELO, K. S.; ALVES, N. M. C.; LIMA, E. E.; SILVA, A. S. Degradação do ácido ascórbico da acerola submetido a diferentes condições de secagem. In: JORNADA NACIONAL DAAGROINDÚSTRIA, 2., 2007, Bananeiras. **Anais...** Bananeiras: UFPB, 2007a. CD ROM.

- ALMEIDA, C. A.; FIGUERÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, F. M. N. Características físicas e químicas da polpa do xiquexique. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 4, p. 440-443, 2007.
- ALMEIDA, M. M.; TAVARES, D. P. S. A.; ROCHA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H.; MOTA, J. C. Cinética da produção do fermentado do fruto do mandacaru. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 8, n. 1, p. 35-42, 2006.
- AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review. **Food and Bioproducts Processing**, v. 80, n. 2, p. 118-128, 2002.
- ALVARADO, J. D.; AGUILERA, J. M. **Métodos para medir propiedades físicas em indústrias de alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia S.A, 2001. 410 p.
- ALVES, F. M. S.; MACHADO, A. V.; QUEIROGA, K. H. Alimentos produzidos a partir da farinha de caju, obtida por secagem. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 131-138, 2011.
- ALVES, R. M. V. **Embalagem para frutas e hortaliças desidratadas e frutas secas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001, 12 p.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- ALVES, J. J. A. Geoecologia da caatinga no semiárido do Nordeste brasileiro. **CLIMEP: Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 2, n. 1, p. 58-71, 2007.
- ALVES, R. M.; BORDIN, M. R. Estimativa da vida útil de café solúvel por modelo matemático. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 1, p. 19-24, 1998.
- AMMU, K.; RADHAKRISHNA, K.; SUBRAMANNIAN, V.; SHARMA, T. R.; NATH, H. Storage behaviour of freeze dried fruit juice powders. **Journal of Food Technology**, v. 12, n. 5, p. 541-554, 1977.

ANDRADE, C. T. S.; MARQUES, J. G. W.; ZAPPI, D. C. Utilização de cactáceas por sertanejos baianos. Tipos conexivos para definir categorias utilitárias. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 6 (Etnobiologia), p. 3-12, 2006a.

ANDRADE, C. T. S.; MARQUES, J. G. W.; ZAPPI, D. C. Utilização medicinal de cactáceas por sertanejos baianos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 3, p. 36-42, 2006b.

ANSELMO, G. C. S.; MATA, M. E. R. M. C.; 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**, v. 6, n. 2, p. 58-65, 2006.

ANGUELOVA, T.; WARTHESEN, J. Lycopene stability in tomato powders. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 1, p. 67-70, 2000.

ARAGÃO, T. C. F. R.; SOUZA, P. A. S.; UCHÔA, A. F.; COSTA, I. R.; BLOCH Jr., C.; CAMPOS, F. A. P. Characterization of a methionine-rich protein from the seeds of *Cereus jamacaru* Mill (Cactaceae). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 33, n. 8, p. 897-903, 2000.

ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 41 p.

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

ASCHERI, D. P. R.; GUISSONI, R. P.; MOURA, W. S. **Isotermas e calor isostérico de adsorção de água de farinhas pré-gelatinizadas de bagaço de jabuticaba/arroz**. 2007. 13f. Relatório Final de Projeto de Pesquisa – Universidade Estadual de Goiás, Anapólis.

ASCHERI, D. P. R. Estudo das características de adsorção de água e da estabilidade das microcápsulas de óleo essencial de laranja na seleção de material de parede. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, p. 367-373, 1999.

ASSIS, M. M. M.; TADINI, C. C.; LANNES, S. C. S. Influence of temperature and concentration on rheological properties of caju juice (*Spondia mombin* L.). In: EURO THERM SEMINAR 77 Heat and Mass Transfer in Food **Proceedings...** Parma, 2005, v. 1, 65-68 p.

AULTON, M. E. **Pharmaceutics: The Science of Dosage Form Design**. 2. ed. Edinburg: Churchill Livingstone, 2002. 390 p.

BAHIA, E. V.A.; MORAIS, L. R. V.; SILVA, M. P.; LIMA, O. B. V.; SANTOS, S. F. Estudo das características físico-químicas do fruto do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC) cultivado no Sertão Pernambucano. Disponível em: <<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNAPI2010/paper/viewFile/1149/34>>. Acesso: 05 jan. 2012.

BARBOSA, A. S.; ARAÚJO, A. P.; CANUTO, T. M.; FRANÇA, V. C. Avaliação preliminar da composição físico-química dos frutos do mandacaru (*Cereus jamacaru*) e xique-xique (*Cereus gounellei*). In: XLVI CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 2006, Salvador. **Anais...** Salvador: CESI/ UEMA, 2006. CD ROM.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; IBARZ, A.; PELEG, M. Propriedades reológicas de alimentos fluidos. **Revisión Alimentaria**, v. 241, p. 39-49, 1993.

BARRANTES, E.; TAMINE, A. Y.; DAVIES, G.; BARCLAY, M. N. Y. Production of low calorie yoghurt using skim milk powder and fat substitute: compositional quality. **Milchwissenschaft**, v. 49, n. 3, p. 135-139, 1994.

BARROS, F. A. R.; STRINGHETA, P. C. Microencapsulamento de antocianinas: uma alternativa para o aumento de sua aplicabilidade como ingrediente alimentício. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 36, n. 36, p. 18-24, 2006.

BATISTA, D. V. S.; CARDOSO, R. L.; GODOY, R. C. B.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; SILVA, R. A. R. **Avaliação físico-química e microbiológica de banana passa orgânica cv. prata anã**. Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44543/1/AVALIACAO-FIS-QUIM-1.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparasion of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; CLEMENTE, E. Avaliação físico-química e aplicações de modelos matemáticas na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 278-283, 2011.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; ROCHA, E. M. F. F. Comportamento higroscópico de pós de manga das variedades *coité* e *espada* e avaliação das características físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2186-2192, 2010.

BEZERRA, J. R. M. V. **Comportamento da polpa de manga**. 2000. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BHANDARI, B. R.; D'ARCY, B. R.; PADUKKA, I. Encapsulation of lemon oil by paste method using betacyclodextrin encapsulation - efficiency and profile of oil volatiles. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 12, p. 5194-5197, 1999.

BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. **Drying Tecnology**, v. 15, n. 2, p. 671-684, 1997.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms of biological origin mathematical and physical. Approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 489-495, 2004.

BLUM, J.; HOFFMANN, F. B.; AYUB, R. A.; JUNG, D. L.; MALGARIM, M. B. Uso de cera na conservação pós-colheita do caqui cv. giombo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 830-833, 2008.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992. 145 p.

BORGES, S. V.; CAL-VIDAL, C. J. Kinetics of water vapour sorption by drum-dried banana. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 83-90, 1994.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: Concept and management**. New York: Academic Press, 1982. 325 p.

BRAGANÇA, E. **Maltodextrinas da mandioca: estrelas do mundo esportivo**. **Associação Brasileira dos Produtores de Mandioca**, ano 3, n. 11, 2005.

BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Aplicação da metodologia de superfície de resposta para o estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico de misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 166-171, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1017 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o "Regulamento Técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis", **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540 de 1997. Aprovar os Regulamentos Técnicos para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade, para refresco, refrigerante, preparado ou concentrado líquido para refresco ou refrigerante, preparado sólido para refresco, xarope e chá pronto para o consumo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 nov. 1998. Seção 1, 90 p.

BRENNAM, J. G.; HERRERA, J.; JOWITT, R. A study of some of the factors affecting the spray drying of concentrated orange juice, on laboratory scale. **Journal of Food Technology**, v. 6, n. 3, p. 295-307, 1971.

BRETAS, R. E. S.; D'ÁVILA, M. A. **Reologia de polímeros fundidos**. São Carlos; UFSCar, 2000. 196 p.

BROADHEAD, J.; ROAN, S. K. E.; RHODES, C. T. The spray drying of pharmaceuticals. **Drug Dev Ind Pharm**, v. 18, n. 11-12, p. 1169-1206, 1992.

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

BUFFO, R. A.; REINECCIUS, G. A. Modeling the rheology of concentrated beverage emulsions. **Journal of Food Engineering**, v. 51, n. 4, p. 267-272, 2002.

CABRAL, M. F. P.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; Comportamento reológico da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum Schum*) peneirada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 37-40, 2002.

CABRAL, R. A. F. **Influência da temperatura e fração de água nos parâmetros reológicos do extrato de café**. 2000. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - UNESP, São José do Rio Preto.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray dried *amaranthus* betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

CALEGUER, V. F.; BENASSI, M. T. Efeito da adição de polpa, carboximetilcelulose e goma arábica nas características sensoriais e aceitação de preparados em pó para refresco sabor laranja. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 270-277, 2007.

CAMPOS, A. M. **Desenvolvimento de extratos secos nebulizados de *Illex paraguariensis* St. Hill Aquifoliaceae (erva-mate)**. 1996. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P.C. Effect of the carries on the microstructure of mango powder obtained by spray-drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, M. A.; STRINGHETA, C. P.; PEREIRA, J. A. M.; SILVA, I. P. Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim CEPPA**, v. 22, n. 1, p.121-132, 2004.

CÁNOVAS, G. V. B.; MERCADO, H. V. Physical, chemical, and microbiological characteristics of dehydrated foods. In: CÁNOVAS, G. V. B.; MERCADO, H. V (Eds). **Dehydration of Foods**. New York: Chapman & Hall, 1996. 29-99 p.

CANUTO, T. M.; PIRES, V. C. F.; ARAÚJO, A. P.; BARBOSA, A. S.; BARBOSA, A. S. **Avaliação da composição físico-química da polpa do fruto da palma**. Disponível em: <http://www.annq.org/congresso2007/trabalhos_apresentados/T32.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2012.

CAO, X. Q.; VASSEN, R.; SCHWARTZ, S.; JUNGEN, W.; TIETZ, F.; STÖEVER, D. Spray-drying of ceramics for plasma-spray coating. **Journal of The European Ceramic Society - J Eur Ceram Soc**, v. 20, n. 14-15, p. 2433-2439, 2000.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starch containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 8, p. 1501-1507, 1982.

CARDOSO, R. L. Estabilidade da cor de geléia de jambo (*Eugenia malaccensis*, L.) sem casca armazenada aos 25 °C e 35 °C na presença e ausência de luz. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1563-1567, 2008.

CARVALHO, S. M. L. **Determinação de isotermas de adsorção da farinha d'água obtida de mandioca (*Manihot esculenta*)**. 1994. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia dos Alimentos) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém.

CARVALHO, F. V. **Determinação de algumas características reológicas do leite adicionado de goma xantana e/ou glucomannan**. 1990. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento de mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.), Facheiro (*Pilosocereus pachycladus* Ritter), xiquexique (*Pilosocereus gounellei* A. Webwr ex K. Schum. Bly. ex Rowl.) e coroa-de-frade (*Melocactus bahiensis* Britton & Rose). **Revista Caatinga**, v. 20, n. 1, p. 28-35, 2007.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Consumo do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) por caprinos na época da seca no semi-árido de Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 4, p. 402-408, 2006.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Plantas nativas da caatinga utilizadas pelos pequenos agricultores para alimentação dos animais na seca. In.: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 3., 2004, Campina Grande, PB. **Anais...** Campina Grande: UEPB/Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2004. CD ROM.

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

CHOI, Y. H.; YOO, B. Characterization of time-dependent flow properties of food suspensions. **International Journal of Food Science Technology**, v. 39, n. 7, p. 801-805, 2004.

CHORONAKIS, I. S. On the molecular characteristics, composition properties, and structural – functional mechanisms of maltodextrins: a review. **Critical Reviews of Food Science**, v. 38, n. 7, p. 599-637, 1998.

CHUA, K. J.; CHOU, S. K. Low-cost drying methods for developing countries. **Trends in Food Science and Technology**, v. 14, n. 12, p. 519-528, 2003.

COELHO, R. R. P.; FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação química de sementes de mandacaru (*Cereus jamacaru* P. D.C.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. CD ROM.

CONSTANT, P. B. L. **Microencapsulamento de bixina: agentes encapsulantes, avaliação da qualidade e aplicações**. 1999. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CORREA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, v. 4, 1969.

COSTA, F. Q. **Viabilidade de uso de um misturador para análise de propriedades reológicas de produtos alimentícios**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

COSTA, J. M. C.; FELIPE, E. M. F.; MAIA, G. A.; BRASIL, I. M.; HERNANDEZ, F. F. H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, p. 228-232, 2007.

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

COURREGELONGUE, S.; SCHLICH, P.; NOBLE, A. C. Using repeated ingestion to determine the effect of sweetness, viscosity and oil ness on temporal perception of soymilk adstringency. **Food Quality and Preference**, v. 10, p. 273-279, 1999.

DAIÚTO, E. R.; CEREDA, M. P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 3. cap. 16, 2003. 449-474 p. (Série: Culturas de tuberosas amiláceas Latino Americanas).

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpa de frutas pelo método *foam-mat***. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

DEL-VALLE, E. M. M. Cyclodextrins and their uses: a review. **Process Biochemistry**, Amsterdam, v. 39, n. 9, p. 1033-1046, 2004.

DESOBRY, S. A.; NETTO, F. M.; LABUZA, T. P. Comparison of spray-drying, drum-drying and freeze-drying for b-carotene encapsulation and preservation. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 6, p. 1158-1162, 1997.

DI PAULA, B.; OCHI, T.; SILVA, T. A. C.; CASTRO, F. C.; ESTEVES, T. C. F.; MOURA, M. R. L.; GREGORIO, S. R. Tomates secos processados por desidratação osmótica e infundidos em óleo de soja saborizado com ervas aromáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. 1 CD ROM.

DINIZ, E.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Atividade de água e condutividade elétrica de polpas de acerola concentradas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, n. 1, p. 9-17, 2003.

DINIZ, M. D. M. S. **Caracterização do comportamento reológico e determinação de propriedades termofísicas de polpa de manga Ubá**. 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. 2000. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

DONADIO, L. C. Produtividade, qualidade e diversificação. **Revista Frutas e Cia**, n. 1, p. 4-6, 2000.

DOYMAZ, I. Effect of dipping treatment on air drying of plums. **Journal of Food Engineering**, v. 64, n. 4, p. 465-470, 2004.

EL-AOUAR, Â. A.; MURR, F. E. X. Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 69-75, 2003.

ELIAS, N. F.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; VIANA, A. P.; DIONELLO, R. G.; QUEIROZ, V. A. P. Avaliação nutricional e sensorial de caqui cv Fuyu submetido à desidratação osmótica e secagem por convecção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 322-328, 2008.

ENDO, E.; BORGES, S. V.; DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; AMORIM, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edullis* f. *flavicarpa*) desidratado - Shelf life evaluation of dehydrated passion fruit juice (*Passiflora Edullis* f. *flavicarpa*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 382-386, 2007.

EVANGELISTA, I. J.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Viscosidades aparentes de polpas de umbu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...**Goiânia: SBEA, 2003. CD ROM.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1992. 652 p.

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

FARIAS, V. L. **Estudo das condições de secagem de conídios de *Trichoderma harzianum*** LCB 47. 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) –Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

FELIX, L. P. **Foto da cactácea mandacaru.** 2009.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática.** 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 342 p.

FERGUSON, J.; KEMBLOWKI, Z. **Applied Fluid Rheology.** Nova Iorque: Elsevier Applied Science, 1991. 323 p.

FERNANDES, T. K. S. **Secagem em camada de espuma da polpa de cajá.** 2010. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

FERNANDES, T. N.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; RENO, M. J. Relação entre o comportamento reológico e a dinâmica do congelamento e descongelamento de polpa de morango adicionada de sacarose e pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 188-204, 2010.

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

FERNANDES, C. S. V. **Simulação do escoamento não-isotérmico de fluidos não-newtonianos em canais convergentes/divergentes.** 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado em Matemática e Aplicações à Mecânica) – Escola de Ciências da Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.

FERREIRA, G. M.; GUIMARÃES, M. J. O. C.; MAIA, M. C. A. Efeito da temperatura e taxa de cisalhamento nas propriedades de escoamento da polpa de Cupuaçu (*T. grandiflorum Schum*) integral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 385-389, 2008.

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

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

FILKOVÁ, I.; MUJUMDAR, A. S. Industrial spray drying systems. In: **Handbook of Industrial Drying**. New York: Marcel Dekker, 1995. 742 p.

FILKOVÁ, I.; MUJUMDAR, A. S. Industrial spray drying systems. In: Mujundar AS. **Handbook of Industrial Drying**. Nova York: Dekker, 1987. 243-292 p.

FOX, R. W.; MCDONALD, A. T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. Rio de Janeiro: Guanabara-koogan, 1995. 662 p.

FRANCISCONI, A. D.; CAMPOS, F. R.; PEREIRA, D. B.; OLIVEIRA, V. M.; BORGES, S. V. GAY, J. Propiedades físicas del jugo de maracuyá en polvo - Efecto de la velocidad de atomización y concentración de maltodextrina. **Alimentaria**, v. 40, n. 346, p. 97-100, 2003.

FURUTA, T.; HAYASHI, H.; OHASHI, T. Some criteria of spray dryer design for food liquid. **Drying Technology**, v. 12, n. 1-2, p. 151-177, 1994.

GALDINO, P. O. **Secagem por aspersão da polpa do figo-da-índia**. 2011. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

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

GARCIA, M. C. **Influência do tempo de torra por microondas nas características sensoriais, físicas e químicas de farelos de cultivares de arroz e sua aplicação em barras de cereais**. 2010. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

GARCIA, E.E.C.; PADULA, M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. **Embalagens plásticas: propriedades de barreira**. Campinas: ITAL, 1989. 44 p.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v. 40, n. 9, p. 1107–1121, 2007.

GINER, J.; IBARZ, A.; GARZA, S.; XHIAN-QUAN, S. Rheology of clarified cherry juices. **Journal of Food Engineering**, v. 30, n. 1-2, p. 147-154, 1996.

GIOIELLI, L. A.; PITOMBO, R. N. M. Conservação de alimento pelo controle de umidade. In: BARUFFALD, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. 123-152 p.

GOMES, W. C. **Secagem por aspersão da polpa de buriti**. 2009. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GOMES, P. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 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**, v. 4, n. 2, p. 157-165, 2002.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. São Paulo: Nobel, 1972. 446 p.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties. **Drying Technology**, v. 26, n. 6, p. 726-737, 2008.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II- The effect on powder properties. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 1, p. 35-42, 2005b.

GOYAL, R. K.; KINGSLEY, A. R. P.; MANICANTAN, M. R.; ILAS, S. M. Mathematical modelling of thin layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 1, p. 176-180, 2007.

GRANJEIRO, A. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; MATA, M. E. R. M. C. Viscosidades de polpas concentradas de figo-da-índia. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 13, n. 2, p. 209-224, 2007.

GRATÃO, A. C. A. **Termofluidodinâmica de sucos de frutas pseudoplásticos em dutos cilíndricos e ânuos concêntricos**. 2006. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GUNES, G.; LEE, C. Y. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and anti browning agents. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 3, p. 572-575, 1997.

GUPTA, A. S. **Spray drying of orange juice**. US patent No. 4112130, 1975.

HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, MARIA-RITA; PLATA-OVIEDO, M. S. V.; BRANCO, I. G.; CANTERI, M. H. G.; MASSON, M. L. Estudo do comportamento reológico de sucos combinados de frutas vermelhas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 1, p. 314-325, 2011.

HELDMAN, D. R.; HARTEL, R. W. **Principles of food processing**. Gaithersburg: Aspen, 1998. 288 p.

HOJO, E. T. D.; CARDOSO, A. D.; HOJO, R. H.; BOAS, E. V. B. V.; ALVARENGA, M. A. R. Uso de películas de fécula mandioca e PVC na conservação pós-colheita de pimentão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 184-190, 2007.

HOWARD, L. R.; HERNANDEZ-BRENES, C. Antioxidant content and market quality of jalapeño pepper rings as affected by minimal processes and modified atmosphere packaging. **Journal of Food Quality**, v. 21, n. 4, p. 317-327, 1998.

IBARZ, A.; GONÇALVES, C.; EXPLUGAS, S. Rheology of clarified passion fruit juices. **Fruit Processing**, v. 6, n. 8, p. 330-333, 1996.

IBARZ, A.; GARVIN, A.; COSTA, J. Rheological behavior of sloe (*Prunus spinosa*) fruit juices. **Journal of Food Engineering**, v. 27, n. 4, p. 423-430, 1996.

IBARZ, A.; GONZALES, C.; ESPLUGAS, S. Rheology of clarified fruit juice III: Orange juices. **Journal of Food Engineering**, v. 21, n. 4, p. 485-494, 1994.

IBARZ, A.; GONZALES, C.; ESPLUGAS, S.; VICENT, M. Rheology of clarified fruit juice I: peach juices. **Journal of Food Engineering**, v. 15, n. 1, p.49-61, 1992a.

IBARZ, A.; PAGAN, J.; MIGUELSANZ, R. Rheology of clarified fruit juice II: Blackcurrants juices. **Journal of Food Engineering**, v. 15, n. 1, p. 63-73, 1992b.

IBARZ, A.; PAGAN, J.; GUTIÉRREZ, J.; VICENT, M. Rheological properties of clarified pear juice concentrates. **Journal of Food Engineering**, v. 10, n. 1, p. 57-63, 1989.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 2, p. 125-134, 2004.

JAYARAMAN, K. S.; DAS GUPTA, D. K. Drying of fruits and vegetables. In: MUJUMDAR, A. S. **Handbook of industrial drying**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1995. v. 1. 643-689 p.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. Modified atmosphere packaging of fruit and vegetable. **Critical Reviews in Food Science**, v. 28, n. 1, p. 1-30, 1989.

KAMINSKI, W.; KUDRA, T. Equilibrium moisture relations for foods and biomaterials. In: MUJUMDAR, A. S. **Drying technology in agriculture and food sciences**. Enfield: Science Publishers, 2000. p. 1-34.

KENNEDY, J. F., KNILL, C. J., TAYLOR, D. W. Maltodextrin. In: KEARSLEY, M. W.; DZIEDZIC, S. Z. **Handbook of Starch Hydrolysis Products and their Derivatives**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1995. 65-82 p.

KENYON, M. M.; ANDERSON, R. J. Maltodextrins and low dextrose-equivalent with syrup solids. In: RISCH, S. J.; REINECCIUS, G. A. **Flavor encapsulation**. Washington: American Chemical Society, 1988. 87-102 p.

KEOGH, M. K.; MURRAY, C. A.; O'KENNEDY, B. T. Effects of ultrafiltration of whole milk on some properties of spray-dried milk powders. **International Dairy Journal**, v. 13, n.12, p. 995-1002, 2003.

KHA, T. A.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, v. 98, n. 3, p. 385-392, 2010.

KHALIL, K. E.; RAMAKRISHNA, P.; NANJUDASWAMY, A. M.; PATWARDHAN, M. V. Rheological behaviour of clarified banana juice: effect of temperature and concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 10, n. 3, p. 231-240, 1989.

KING, C. J.; KIECKBUSCH, T. G.; GREENWALD, C. G. Food quality factors in spray drying. In: MUJUNDAR, A. S. **Advantages in drying**. Washington: Hemisphere, 1984, cap. 3. 71-80 p.

KOWALSKA, J.; LENART, A. The influence of ingredients distribution on properties of agglomerated cocoa products. **Journal of Food Engineering**, v. 68, n. 2, p. 155-161, 2005.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray-dryer. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 1, p. 115-123, 2003.

LEWICKI, P. P. Water as the determinant of food engineering properties. A review, **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 4, p. 483-495, 2004.

LIMA, E. E. **Produção e armazenamento da farinha de facheiro**. 2006. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB).

LIMA, E. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F.; E SILVA, A. S. Estudo das polpas do facheiro em função da parte do ramo. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34.; 2005. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. CD ROM.

LIMA, M.; SIDERSKY, P. O. **Agricultura familiar e agroecologia no semiárido: avanços a partir do Agreste a Paraíba**. Rio de Janeiro: ASPT, 2002. 355 p.

LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas: uso e potencialidades**. EMBRAPA CPATSA/PNE/RBG-KEW, 1996. 44 p.

LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 216-221, 2012.

LORET, C.; MEUNIER, V.; FRITH, W. J.; FRYER, P. J. Rheological characterization of the gelation behaviour of maltodextrin aqueous solution. **Carbohydrate Polymers**, v. 57, n. 2, p. 153-163. 2004.

MACHADO, J. C. **Reologia e escoamento de fluidos: ênfase na indústria do petróleo**. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência/Petrobras, 2002. 247 p.

MAGALHÃES, A. **Perfil etnobotânico e conservacionista das comunidades do entorno da reserva natural Serra das almas, Ceará-Piauí, Brasil**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MANICA, R. **Simulação de escoamentos incompressíveis não newtonianos em dutos com expansão brusca**. 2003. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 293 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

MARTINELLI, L. **Construção e desenvolvimento de um secador leito pulso-fluidizado para secagem de pastas e polpas**. 2008. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade de Estadual Paulista, São José do Rio Preto.

MARTÍNEZ, H. F.; OSORIO-REVILA, G.; GALLARDO-VELÁZQUEZ, T. Optimal spray-dryer encapsulation process of orange oil. **Proceedings of the 14th International Drying Symposium**. São Paulo, v. A, p. 621-627, 2004.

MASKAN, M.; GOGUS, F. Effect of sugar on the rheological properties of sunflower oil-water emulsion. **Journal of Food Engineering**, v. 43, n. 3, p. 173-177, 2000.

MASTERS, K. **Spray drying handbook**. 5. ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1991.725 p.

MASTERS, K. **Spray drying handbook**. 4. ed. Londres: George Godwin, 1985. 696 p.

MATA, M. E. R. M. C., DUARTE, M. E. M.; ALSEMO, G. C. S.; RODRIGUES, E.; GUEDES, M. A.; CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; OLIVEIRA, C. C. A. Obtenção de graviola em pó pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p. 165-172, 2005.

MATHLOUTHI, M.; ROGÉ, B. Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders. **Food Chemistry**, v. 82, n. 1, p. 61-71, 2003.

MATSUURA, F. C. A. U. **Processamento de suco integral e concentrado congelado de acerola**. 1994. 141 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas.

MCPHERSON, A. E.; SEIB, P. A. Preparation and properties of wheat and corn starch maltodextrins with a low dextrose equivalent. **Cereal Chemistry**, v. 74, n. 4, p. 424-430, 1997.

MDLULI, K. M. Partial purification and characterization of polyphenol oxidase and peroxidase from marula fruit (*Sclerocarya birrea* subsp. Caffra). **Food Chemistry**, v. 92, p. 311-323, 2005.

MEDEIROS, M. L.; LANNES, S. C. S. Propriedades físicas de substitutos do cacau. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, Supl.1, p. 243-253, 2010.

MEDEIROS, S. S. A. **Obtenção 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 (UFCG/DEAg), Campina Grande.

MEDEIROS, M. F. D.; ROCHA, S. C. S.; PEDRINI, M. R. S.; ANDRADE JR, W. M.; PASSOS, R. H. D.; SOUZA, J. S. Propiedades físicas y termodinâmicas de lãs pulpas de cajá, umbu y acerola – efectos de la temperatura, concentración de sólidos totales y de sólidos solubles. In: XXII CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA QUIMICA E V CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA QUIMICA. Buenos Aires – Argentina: Associação Argentina de Engenheiros Químicos, 2006b. CD ROM.

MELO, K. S. FIGUÊIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S.; BEZERRA, M. C. Massa específica da emulsão composta por leite de cabra e maltodextrina em função da temperatura. In: JORNADA NACIONAL DA AGRINDÚSTRIA, 3., 2008, Bananeiras. **Anais...** Bananeira: UFPB, 2008. CD ROM.

MELO, J. C. S.; FIGUÊIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FEITOSA, R. M. Physico-chemical characterization of emulsions with goat milk, umbu-cajá pulp and maltodextrin. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008a. CD ROM.

MELO, K. S. FIGUÊIREDO, R. M. F.; BEZERRA, M. C. T.; FERNANDES, T. K. S. Caracterização química da polpa de bacuri formulada. In: JORNADA NACIONAL DA AGRINDÚSTRIA, 3. Bananeiras. **Anais...** Bananeira: JNA, 2008. CD ROM.

MELO, K. S. **Secagem de polpa de fruto de mandacaru**. 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MENEZES, A. R. V.; JÚNIOR, A. S.; CRUZ, H. L. L.; ARAUJO, D. R.; SAMPAIO, D. D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata* D.C) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.11, n.1, p.1-8, 2009.

MITSCHKA, P. Simple conversion of brookfield RVT: readings into viscosity functions. **Rheologica Acta**, v. 21, n. 2, p. 207-209, 1982.

MIZRAHI, S.; BERK, Z. Flow behavior of concentrated orange juice: mathematical treatments. **Journal of Texture Studies**, v. 3, n. 1, p. 69-79, 1971.

MONTEIRO, A. M. F. **Proteínas com funcionalidade mecânica: um estado físico-químico sobre a viscoelasticidade da gliadina, uma proteína de reserva do glúten do trigo**. 2004. 136 f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MORAES, J.; TELIS- ROMERO, J.; TELIS, V. R. N.; FRANCO, C. M. L. Isotermas de sorção de amido de batata-doce. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ANÁLISE TÉRMICA E CALORIMETRIA, 2010, São Pedro. **Anais...São Pedro (SP): ABRATEC**, 2010.

MORTON, J. F. 2004. Barbados gooseberry. Fruits of warm climates. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/index/html>>. Acesso em: 5 jul. 2012.

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**, v. 27, n. 1, p. 141-148, 2007.

MOTTA, V. T. **Bioquímica Clínica para o Laboratório: princípios e interpretações**. 4. ed. São Paulo: Robe, 2003. 420 p.

MOURA, S. C. S. R.; FRANÇA, V. C. L.; LEAL, A. M. C. B. Propriedades termofísicas de soluções modelo similares a suco: Parte II. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 454-459, 2005.

MULLER, H. G. **Introducción a la reologia de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1973. 174 p.

MUNHOZ, C. L.; UMEBARA, T.; BRANCO, I. G.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Caracterização e aceitabilidade de tomate seco. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 1, p. 252-262, 2011.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. U.; BURITY, H. A.; SILVA JUNIOR, J. F. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

NONHEBEL, G.; MOSS, A. A. H. **Drying of solids in the chemical industry**. Londres: Butterworths, 1971.253-263 p.

NORONHA, M. A. S.; CARDOSO, E. A.; DIAS, N. S. Características físico-químicas de frutos de umbu-cajá *spondias sp.* Provenientes dos pólos Baixo-Jaguaribe (CE) e Assu-Mossoró (RN). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 1, n. 2, p. 91-96, 2000.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.

OLIVEIRA, E. A.; JUNQUEIRA, S. F.; MASCARENHAS, R. J. Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (*Opuntia ficus indica L. Mill*) cultivada no Sertão do sub-médio São Francisco. **Revista Holos**, ano 27, v. 3, p. 113-119, 2011.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 4, p. 641-650, 2010.

OLIVEIRA, J. A. R.; CARVALHO, A. V.; MOREIRA, D. K. T.; MARTINS, L. H. S. Elaboração e caracterização de estruturado de polpa concentrada de cupuaçu. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 53, n. 2, p. 164-170, 2010.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; SOUSA, F. C.; MARTINS, J. N.; OLIVEIRA, S. P. A. Obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 2, p. 235-242, 2010.

OLIVEIRA, R. C.; BARROS, S. T. D.; ROSSI, R. M. Aplicação da metodologia bayesiana

para o estudo reológico da polpa de uva. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2009.

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 Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 3, p. 251-256, 2007.

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

OLIVEIRA, F. M. N. **Secagem e armazenamento da polpa de pitanga**. 2006. 214 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

OLIVEIRA, F. M. N.; ALEXANDRE, H. V.; FIGURÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, A. R. Características físico-químicas da polpa e da casca do fruto do mandacaru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Anais...** SBCTA, 2004. CD ROM.

ORMENESE, R. C. S. C. **Obtenção de farinha de banana verde por diferentes processos de secagem e aplicação em produtos alimentícios**. 2010. 182 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PAPADAKIS, S. E.; GARDELI C.; TZIA, C. Spray drying of raisin juice concentrate. **Drying Technology**, v. 24, n. 2, p. 173-180, 2006.

PARK, K. J.; LEITE, J. T. C. **Reologia**. Disponível em: <<ftp://ftp.agr.unicamp.br/pub/disciplinas/fa-20/.Reologia>>. UNICAMP. Acesso: 15 out. 2011.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Seleção de processos e equipamentos de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...**, João Pessoa: CONBEA, 2006. CD ROM

PEDRO, M. A. M. **Influência de encapsulantes e do método de secagem nas propriedades físico-químicas e atributos de qualidade de polpa de maracujá (*Passifora edulis f. flavicarpa*) em pó.** 2009. 205 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto.

PELEGRINE, D. H.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Perola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 128-131, 2000.

PEÑA, L. M. R. **Estudo da instantaneização de misturas contendo cacau em pó por aglomeração com jato de vapor.** 2003. 259 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PENNA, A. L. B.; SIVIERI, K.; OLIVEIRA, M. N. Relation between quality rheological properties of latic beverages. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 1, p. 7-13, 2001.

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

PEREIRA, T. B. B. **Desidratação em secador por aspersão da mistura de leite de cabra com polpa de umbu-cajá.** 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

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

PILON, L.; OETTERER, M.; GALLO, C. R.; SPOTO, M.H.F. Shelf life of minimally processed carrot and green pepper. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 150-158, 2006.

PIMENTEL GOMES, R. **Fruticultura Brasileira**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 2007. 446 p.

PINTO, E. G. **Caracterização da espuma de jenipapo (*Genipa americana* L.) com diferentes aditivos visando à secagem em leito de espuma**. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

PONTES, S. F. O.; BONOMO, R. C. F.; PONTES, L. V.; RIBEIRO, A. C.; CARNEIRO, J. C. S. Secagem e avaliação sensorial de banana da terra. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n. 2, p. 143-148, 2007.

POSSA, M. V.; LIMA, J. R. B. **Comportamento reológico de polpas de minérios**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000. 37 p.(Série Tecnologia Mineral, 77)

QUEIROZ, R. B. **A influência da superfície interna do tanque no número de potência de novos impelidores**. 2009. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru.

QUEIROZ, A. J. M.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Influência dos sólidos suspensos na reologia do suco de abacaxi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 24., 1996, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, v. 1, p. 49-53, 1996.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, n. 5, p. 386–392, 2007.

RAJA, K. C. M., SANKARIKUTTY, B.; SREEKUMAR, M.; JAYALEKSHMY, A.; NARAYANAN, C. S. Material characterization studies of maltodextrin sample for use of wall material. **Starch/Starke**, v. 41, n. 8, p. 298-303, 1989.

RAMOS, A. M.; QUINTERO, A. C. F.; FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 3, p. 259-269, 2008.

RANKELL, A. S.; LIEBERMAN, H. À.; SCHIFFMAN, R. F. **Teoria e prática na indústria farmacêutica**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, v. 1, 2001. 83-112 p.

REINECCIUS, G. A. Carbohydrates for flavor encapsulation. **Food Technology**, v. 1, n. 1, p. 144-146, 1991.

REIS, R. C. **Avaliação dos atributos de qualidade envolvidos na desidratação de manga (Mangifera indica L. var. Tommy Atkins)**. 2002. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 17-28, 2008.

REUL, L. M. A.; FERNANDES, T. K. S.; QUEIROZ, A. J. M. Viscosidades aparentes de soluções com polpas de figo-da-índia e maltodextrina em diferentes temperaturas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 6., 2009, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFCG, 2009. CD ROM.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 1. ed. São Paulo. Editora Edgard Blücher, 2004. 184 p.

RIFFEL, D. B. **Estudo teórico e experimental da dinâmica e da otimização de refrigeradores térmicos por adsorção**. 2008. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

RIGO, M.; BEZERRA, J. R. M. V.; CÔRDOVA, K. R. V. Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de butiá (*Butia eriospatha*). **Revista Ambiência**, v. 6, n. 1, p. 25-36, 2010.

RIGHETO, A. M. **Caracterização físico-química e estabilidade de suco de acerolaverde microencapsulado por atomização e liofilização**. 2003. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RISCH, S. J.; REINECCIUS, G. A. **Encapsulation and controlled release of food ingredients**. Washington: American Chemical Society (ACS), 1995. v. 590, 214 p. (ACS Symposium Series).

RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. **Botânica econômica brasileira**. 2. ed. São Paulo: Âmbito Cultural, 1995. 242 p.

ROCHA, F. I. G. **Avaliação da cor e da atividade antioxidante da polpa e extrato de mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) em pó**. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ROCHA, E. A.; AGRA, M. F. Flora do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil: Cactaceae juss. **Acta Botânica Brasileira**, v. 16, n. 1, p. 15-21, 2002.

RODRIGUES, S. A.; GULARTE, M. A.; PEREIRA, E. R. B.; BORGES, C. D.; VENDRUSCOLO, C. T. Influência da cultivar nas características físicas, químicas e sensoriais de topping de mirtilo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 1, n. 1, p. 9-29, 2007.

RODRIGUES, I. A água. In: CASTRO, A. G. **A química e a reologia no processamento de alimentos**. Lisboa: Instituto Piaget, 2003. 15-36 p.

RONKART, S.; BLECKER, C.; FOUGNIES, C.; VAN HERCK, J. C.; WOUTERS, J.; PAQUOT, M. Determination of physical changes of inulin related to sorption isotherms: An X-ray diffraction, modulated differential scanning calorimetry and environmental scanning electron microscopy study. **Carbohydrate Polymers**, v. 63, n. 2, p. 210-217, 2006.

ROSA, E. D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L. A. P. **Secagem por atomização na indústria alimentícia: fundamentos e aplicações**. 12 f. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/Exclusivo/Inserir/Anexos/LinkAnexos/secagem%20de%20materiais.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2011.

ROSA, E. D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L. A. P. **Secagem por atomização na indústria alimentícia: fundamentos e aplicações**. Departamento de Engenharia Labmaq do Brasil, Ribeirão Preto, São Paulo, 2007.

ROUSTAPOUR, O. R.; HOSSEINALIPOUR, M.; GHOBADIAN, B. An experimental investigation of lime juice drying in a pilot plant spray dryer. **Drying Technology**, v. 24, n. 1-3, p. 181-188, 2006.

SABLANI, S. S.; KASAPIS, S.; RAHMAN, M. S. Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 1, p. 266-271, 2007.

SALEMA S. 1966. **Doces em caldas, velha tradição brasileira**. Jornal do Commercio. Rio e Janeiro. In: Jangada Brasil. Disponível em: <<http://www.jangadabrasil.com.br/abril56/cp56040b.htm>>. Acesso em: 12 out. 2011.

SANTOS, C. X. **Caracterização físico-química e análise da composição química da semente da goiaba oriunda de resíduos agroindustriais**. 2011. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

SARAVACOS, G. D.; TSIIOUVAS, D. A.; TSAMI, E. Effect of temperature no the water adsorption isotherms of sultana raisins. **Journal of Food Science**, v. 51, n. 2, p. 381-383, 1986.

SARAVACOS, G. D. Effect of temperature on viscosity of fruit juices and purees. **Journal of Food Science**, v. 35, n. 2, p. 122-125, 1970.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jaboticaba. **Ciências e Tecnologia dos Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 890-896, 2007.

SCHEINVAR, L. **Cáctaceas**. Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí, 1985. 25 p.

SCHENK, F. W.; HEBEDA, R. E. **Starch hydrolysis product: worldwide technology, production, and application**. New York: VCH Publishers, 1992. 650 p.

SCHMIDT, K.; LUNDY, A.; REYNOLDS, J.; YEE, L. N. Carbohydrate or protein based fat mimicker effect on ice milk properties. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 4, p. 761-763, 1993.

SCHRAMM, G. **Reologia e reometria: fundamentos teóricos e práticos**. São Paulo: Artlibler Editora, 2006. 232 p.

SCHRAMM, G. **A practical approach to rheology and rheometry**. 2. ed. Karlsruhe: Gebrueder HAAKE CmbH, 2000. 291 p.

SCREMIN, F. F. **Influência do estado de maturação e das etapas de processamento na reologia e caracterização físico-química da polpa de goiaba (*Psidium guajava*, L) pasteurizada**. 2007. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SETSER, C. S.; RACETTE, W. L. Macromolecule replacers in food products. **Critical Reviews Food Science and Nutrition**, v. 32, n. 3, p. 275, 1992.

SHAW, F. V. Spray drying as an alternative granulation technique. In: PARIKJ, D. M. **Handbook of Pharmaceutical Granulation Technology**. Nova York: Marcel Dekker, 1997. 75-96 p.

SHAHIDI, F.; HAN, X. Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 6, p. 501-547, 1993.

SHEU, T. Y.; ROSENBERG, M. Microencapsulation by spray drying ethyl caprylate in whey protein and carbohydrate wall system. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 1, p. 98-103, 1995.

SHRESTHA, A. K.; UA-ARAK, T.; ADHIKARI, B. P.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R. Glass transition behavior of spray dried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). **International Journal of Food Properties**, v. 10, n. 3, p. 661-673, 2007.

SILVA, L. R.; ALVES, R. E. Avaliação da composição físico-química de frutos de mandacaru (*Cereus jamacaru* P). **Acta Agronômica**, v. 58, n. 4, p. 245-250, 2009.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4., Orlando. **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2009. 393-396 p.

SILVA, A. E.; SILVA, L. H. M.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 28, p. 895-901, 2008.

SILVA, L. H. M.; RODRIGUES, A. M. C. Característica reológica do suco composto de frutas tropicais efeito da temperatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2008, Recife. **Anais...** Recife: COBEQ, 2008. CD ROM.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1899-1905, 2008.

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. Análise sensorial da polpa e do suco de cajá obtidos pela reidratação de cajá em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2007.

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

SILVA, J. G. M.; SILVA, D. S.; FERREIRA, M. A.; LIMA, G. F. C.; MELO, A. A. S.; DINIZ, M. C. N. M. Xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum) Bly Ex Rowl) em substituição a silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1408-1417, 2005a.

SILVA, F. C.; GUIMARÃES, D. H. P.; GASPARETTO, C. A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 121-126, 2005b.

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

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

SILVA, A. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; LIMA, E. E. Avaliação da composição físico-químico da coroa-de-frade. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 2, p. 1-8, 2005d.

SILVA, F. C. **Reologia do suco de acerola: efeito da concentração e da temperatura**. 2000. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia dos alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 240 p.

SILVA, F. C.; WANG, S. H.; FERNANDES, S. M.; ASCHERI, J. L. R.; CABRAL, L. C. Propiedades reológicas y sensoriales de bebidas reconstituidas a base de extracto hidrosoluble de arroz y soya. **Alimentaria**, v. 36, n. 289, p. 67-72, 1998.

SITU, T. A.; LAWAL, M. O. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 91-98, 2007.

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

SOARES, E. P.; NUNES, E. C. D.; SAIKI, M.; WIEBECK, H. Caracterização de polímeros e determinação de constituintes inorgânicos em embalagens plásticas metalizadas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 2, p. 206-212, 2002.

SOARES, L. A. L. **Obtenção de comprimidos contendo alto teor de produto seco por aspersão de *Maytenus ilicifolia* Mart. Ex Reissek – Celastraceae. Desenvolvimento tecnológico de produtos intermediários e final.** 2002. 285 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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

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

SOUZA, J. S. **Secagem de misturas de frutas tropicais em leite de jorro.** 2009. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

STANLEY, D. W.; GOFF, H. D.; SMITH, A. K. Texture-structure relationships in foamed dairy emulsions. **Food Research International**, v. 29, n. 1, p. 1-33, 1996.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering.** 2. ed. Michigan: Freeman Press, 1996. 428 p.

TABILO-MUNIZAGA, G., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v. 67, n. 1-2, p. 147-156, 2005.

TANAKA, D. L. **Influência da desidratação por spray drying sobre o teor de ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighia spp*)**. 2007. 73 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas (UNESP), Araraquara.

TANNER, R. I. **Engineering rheology**. Oxford: Oxford University Press, 1992. 550 p.

TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C. Distribuição das espécies da cactácea na caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. **Vegetação e flora da caatinga**, Recife: Associação Plantas Nordeste – APNE, 2002. 123-125 p.

TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A.; QUAST, D. G. **Reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. 3. ed. Campinas: ITAL, 2004. (Manual Técnico, 6).

TEUNOU, E.; FITZPATRICK, J. J.; SYNNOTT, E. C. Characterization of food powders flowability. **Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 1, p. 31-37, 1999.

THIES, C. **How to make microcapsules**. St Louis, Missouri: Lecture and Laboratory, 1995.

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p. 181-204, 2005.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 444-450, 2009.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae Mart.*) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v. 88, n. 3, p. 411-418, 2008.

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T. Reologia de purêhomogeneizado de pêssego: efeito da temperatura e concentração. **Journal of Food Technology**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2006.

TRUONG, V. **Spray drying of tamarind concentrate and its quality evaluation of such products**. 1994. Master Thesis Bangkok - Post-Harvest Program, Division of Agricultural and Food Engineering, Asian Institute of thecnology, Tailândia.

TSAMI, E.; MARINOS-KOURIS, D.; MAROULIS, Z. B. Water sorption isotherms of raisins, currants, figs, prunes and apricots. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 6, p. 1594-1597, 1990.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C.; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C.; CARVALHO, A. F. F. U. C.; MEIRA, T. R. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentarde pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.

UGOLINO, S. M. P.; GOUVEIA, D. S.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, S. T. G.; SANTANA, P. B. Avaliação da aceitação de passas de jaca elaboradas por diferentes tratamentos de secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 8, n. 2, p. 143-152, 2006.

VALERO, G. M. M. **Secado por atomización de zumo de granada**. 2009. 150 f. Master em Ingeniería Ambiental y Procesos Químicos y Biotecnológicos – Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena (Colombia).

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**, v. 26, n. 3, p. 666-671, 2006.

VIDAL, J. R. M. B.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. L.; MASSON, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) centrifugada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 955-960, 2006.

VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Comportamento reológico da polpa de manga (Mangífera indica L) - efeito dos sólidos insolúveis. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 172-175, 2000.

VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A.; GRANDIN, A. Efeito do comportamento reológico da polpa de manga. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 1, n. 2, p. 69-76, 2000.

VIDAL-BEZERRA, J. R. M. **Comportamento reológico da polpa de manga**. Campinas 2000. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ZAIANAL, B. S.; ARMAN, R. A.; ARIFF, A. B.; SAARI, B. N.; SABIH, B. A. Effects of temperature on the physical properties of pink guava juice at two different concentrations. **Journal of Food Engineering**, v. 43, n. 1, p. 55-59, 2000.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 92-94, 2003.

YANES, M.; DURÁN, L.; COSTELL, E. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behaviour and sensory properties of milk beverages model systems. **Food Hydrocolloids**, v. 16, n. 6, p. 605-611, 2002.

WENDEL, S.; CELIK, M. Uma visão geral sobre o uso da tecnologia de spray-drying. **Pharmaceutical Technol Abril**, v. 5, p. 31-45, 1998.

APÊNDICE A

Tabela A.1 - Valores médios da viscosidade aparente, tensão de cisalhamento (mPa) e taxa de deformação (s^{-1}) para a polpa integral do fruto do mandacaru na temperatura de 10 °C, em diferentes velocidades de rotação (rpm)

Velocidade de rotação (rpm)	Viscosidade aparente (mPa s)	Tensão de cisalhamento (mPa)	Taxa de deformação (s^{-1})
20	79,2	0,623	7,44
40	52,4	1,190	14,88
60	48,5	1,600	22,32
80	42,5	2,044	29,76
100	38,8	2,510	37,20

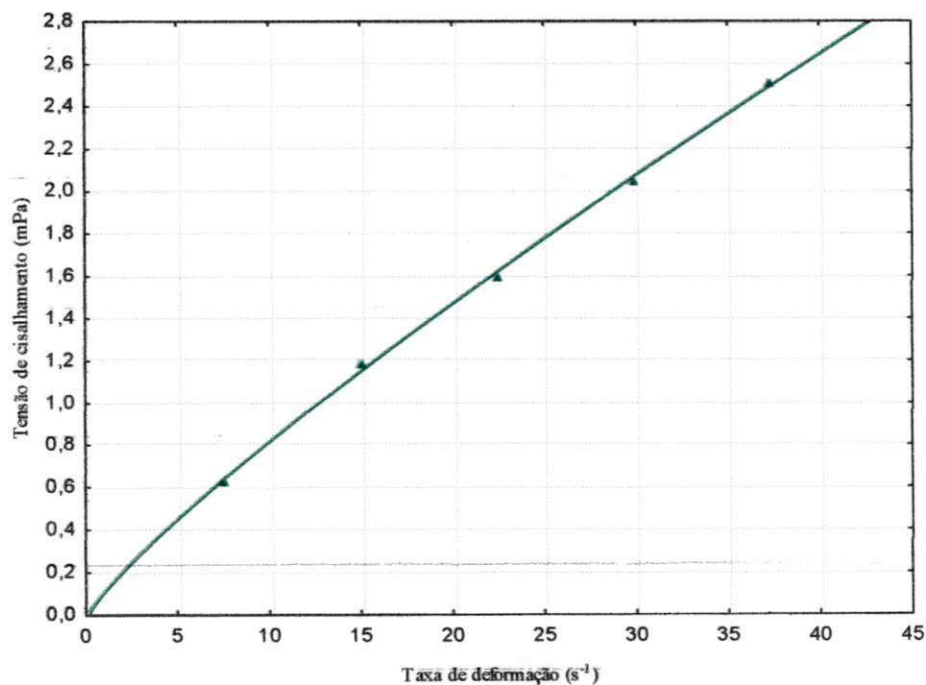


Figura A.1 - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral do fruto do mandacaru com ajuste pelo modelo de Otswald-de-Waelle (Lei da Potência)

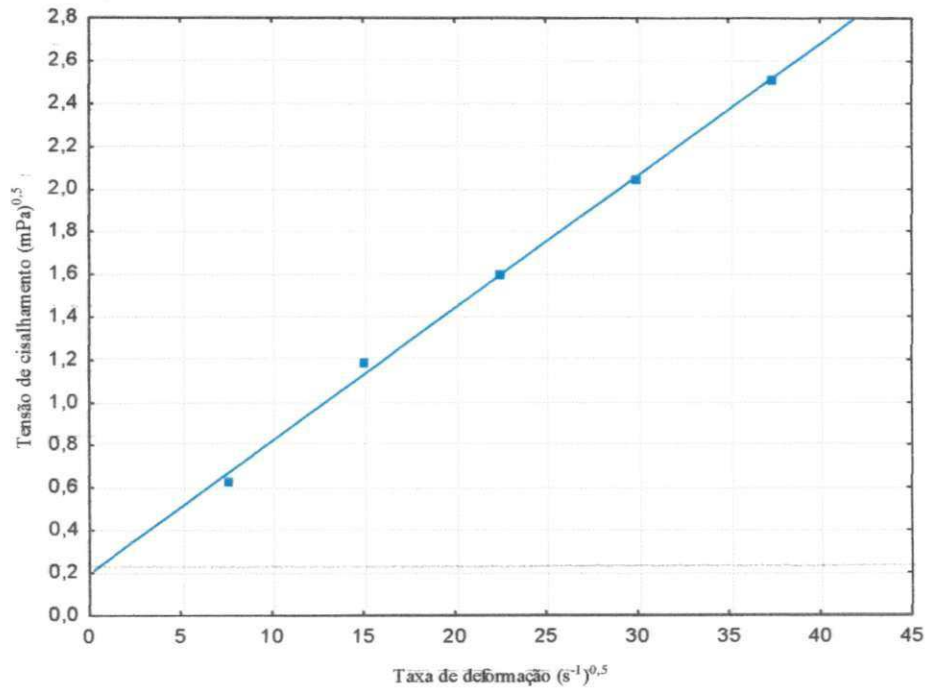


Figura A.2 - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa integral do fruto do mandacaru com ajuste pelo modelo de Casson

APÊNDICE B

Tabela B.1 – Análise de variância dos valores médios do pH das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	5	0,01164	0,00233	32,2462**
Resíduos	12	0,00087	0,00007	
Total	17	0,01251		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.2 – Análise de variância dos valores médios do teor de sólidos solúveis (°Brix) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	5	196,00000	39,20000	11760,0000**
Resíduos	12	0,04000	0,00333	
Total	17	196,04000		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.3 – Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico (mg/100 g) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	5	0,0004	0,00001	1,2031 ns
Resíduos	12	0,00008	0,00001	
Total	17	0,00012		

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

Tabela B.4 – Análise de variância dos valores médios do teor de sólidos totais (%) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	5	159,89892	31,97978	323,5207 **
Resíduos	12	1,18619	0,09885	
Total	17	161,08511		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.5 – Análise de variância dos valores médios do teor de água (%) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	5	159,90694	31,98139	323,8987 **
Resíduos	12	1,18487	0,09874	
Total	17	161,09180		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.6 – Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	5	0,00053	0,00011	3,3880 *
Resíduos	12	0,00038	0,00003	
Total	17	0,00091		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.7 – Análise de variância dos valores médios de açúcares totais (% glicose) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	5	45,93714	9,18743	92,2428 **
Resíduos	12	1,19521	0,09960	
Total	17	47,13234		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.8 – Análise de variância dos valores médios de açúcares redutores (% glicose) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	5	21,38360	4,27672	69,1084 **
Resíduos	12	0,74261	0,06188	
Total	17	22,12621		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.9 – Análise de variância dos valores médios de açúcares não redutores (% sacarose) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	4,34901	0,86980	25,3796 **
Resíduos	12	0,41126	0,03427	
Total	17	4,76027		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.10 – Análise de variância dos valores médios do teor de cinzas (%) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	0,01487	0,00297	9,0615 **
Resíduos	12	0,00394	0,00033	
Total	17	0,01881		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.11 – Análise de variância dos valores médios do luminosidade (L*) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	8,64360	1,72872	2160,9000 **
Resíduos	12	0,00960	0,00080	
Total	17	8,65320		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.12 – Análise de variância dos valores médios da intensidade de vermelho (+a) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	0,61616	0,12323	3,3588 *
Resíduos	12	0,44027	0,03669	
Total	17	1,05643		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.13 – Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo (+b) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	5	21,14436	4,22887	370,9537 **
Resíduos	12	0,13680	0,01140	
Total	17	21,28116		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.14 – Análise de variância dos valores médios da atividade de água (a_w) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	5	0,00003	0,00001	8,2615 **
Resíduos	12	0,00001	0,00000	
Total	17	0,00004		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.15 – Análise de variância dos valores médios da massa específica (kg/m^3) das formulações em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	5	18766,46489	3753,29298	1746,1960 **
Resíduos	12	25,79293	2,14941	
Total	17	18792,25783		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns – Não significativo; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.16 – Análise de variância dos valores médios da viscosidade aparente das formulações na DE = 10 em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Maltodextrina (F1)	2	5799,63600	2899,81800	10162,9136 **
Velocidade de rotação (F2)	4	13615,73200	3403,93300	11929,6717 **
Interação (F1xF2)	8	175,00400	21,87550	76,6665 **
Tratamentos	14	19590,37200	1399,31229	4904,1318 **
Resíduos	30	8,56000	0,28533	
Total	44	19598,93200		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.17 – Análise de variância dos valores médios da viscosidade aparente das formulações na DE = 14 em função da concentração de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Maltodextrina (F1)	2	1104,96400	552,48200	26733,0000 **
Velocidade de rotação (F2)	4	12110,76800	3027,69200	146501,23 **
Interação (F1xF2)	8	2,47600	0,30950	14,9758 **
Tratamentos	14	13218,20800	944,15771	45685,0507 **
Resíduos	30	0,62000	0,02067	
Total	44	13218,82800		

** significativo a nível de 1% de probabilidade; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela B.18 - Análise de variância das viscosidades aparentes a 10 °C, da formulação de 10% de maltodextrina, na DE = 10, em função da velocidade de rotação

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	5203,46700	5203,46700	200133,35 **
Regressão quadrática	1	451,45929	451,45929	17363,8187 **
Regressão cúbica	1	33,70800	33,70800	1296,4615 **
Regressão 4º grau	1	34,08171	34,08171	1310,8352 **
Tratamentos	4	5722,7160	1430,67900	55026,1154
Resíduos	10	0,26000	0,02600	
Total	14	5722,97600		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela B.19 - Análise de variância das viscosidades aparentes a 10 °C, da formulação de 15% de maltodextrina, na DE = 10, em função da velocidade de rotação

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	2994,00300	2994,00300	7028,1761 **
Regressão quadrática	1	398,05929	398,05929	934,4115 **
Regressão cúbica	1	99,37200	99,37200	233,2676 **
Regressão 4º grau	1	2,22171	2,22171	5,2153 *
Tratamentos	4	3493,65600	873,41400	2050,2676
Resíduos	10	4,26000	0,42600	
Total	14	3497,91600		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela B.20 - Análise de variância das viscosidades aparentes a 10 °C, da formulação de 20% de maltodextrina, na DE = 10, em função da velocidade de rotação

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	4099,68300	4099,68300	10147,7302 **
Regressão quadrática	1	361,97357	361,97357	895,9742 **
Regressão cúbica	1	93,98700	93,98700	232,6411 **
Regressão 4º grau	1	18,72043	18,72043	46,3377 **
Tratamentos	4	4574,36400	1143,59100	2830,6708
Resíduos	10	4,04000	0,40400	
Total	14	4578,40400		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela B.21 - Análise de variância das viscosidades aparentes a 10 °C, da formulação de 10% de maltodextrina, na DE = 14, em função da velocidade de rotação

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	3577,39200	3577,39200	198744,00 **
Regressão quadrática	1	473,35714	473,35714	26297,6190 **
Regressão cúbica	1	63,94800	63,94800	3552,6667 **
Regressão 4º grau	1	7,24286	7,24286	402,3810 **
Tratamentos	4	4121,94000	1030,48500	57249,1667
Resíduos	10	0,18000	0,01800	
Total	14	4122,12000		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela B.22 - Análise de variância das viscosidades aparentes a 10 °C, da formulação de 15% de maltodextrina, na DE = 14, em função da velocidade de rotação

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	3531,67500	3531,67500	135833,65 **
Regressão quadrática	1	479,41929	479,41929	18439,2033 **
Regressão cúbica	1	63,07500	63,07500	2425,9615 **
Regressão 4º grau	1	7,81071	7,81071	300,4121 **
Tratamentos	4	4081,98000	1020,49500	39249,8077
Resíduos	10	0,26000	0,02600	
Total	14	4082,24000		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela B.23 - Análise de variância das viscosidades aparentes a 10 °C, da formulação de 20% de maltodextrina, na DE = 14, em função da velocidade de rotação

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	3402,67500	3402,67500	189037,50 **
Regressão quadrática	1	455,40214	455,40214	25300,1191 **
Regressão cúbica	1	46,87500	46,87500	2604,1667 **
Regressão 4º grau	1	4,37186	4,37186	242,8810 **
Tratamentos	4	3909,32400	977,33100	54296,1667
Resíduos	10	0,18000	0,01800	
Total	14	3909,50400		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade

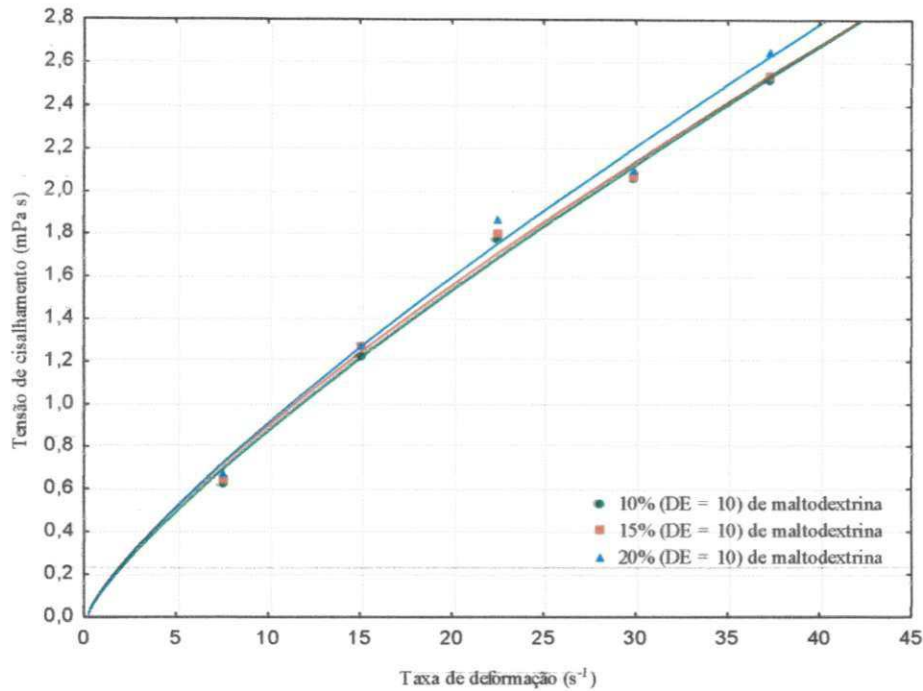


Figura B.1 - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa do mandacaru formulada em três concentrações de maltodextrina na $DE = 10$, a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)

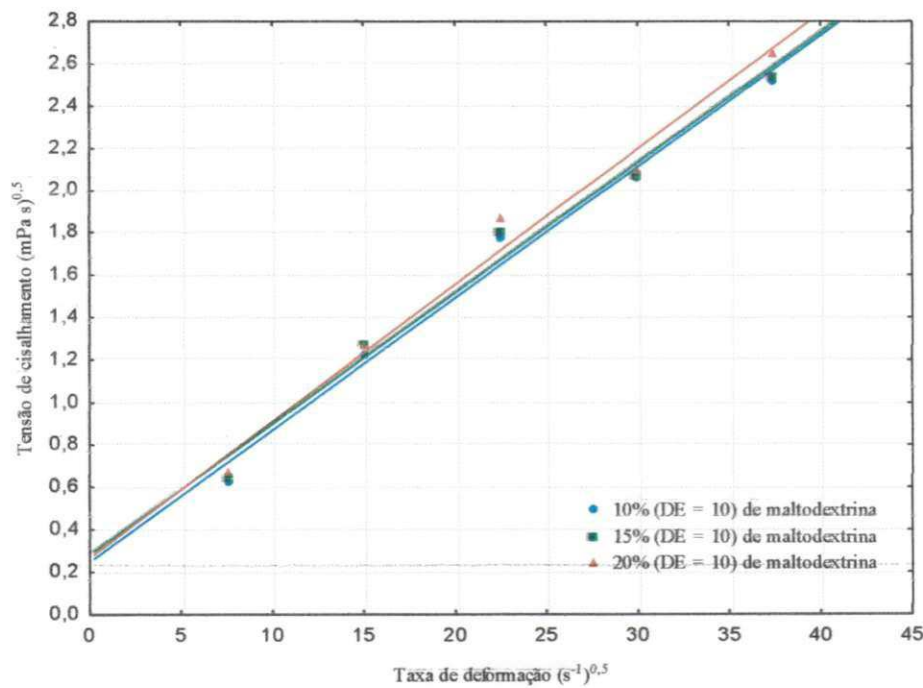


Figura B.2 - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa do mandacaru formulada em três concentrações de maltodextrina na $DE = 10$, a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, com ajuste pelo modelo de Casson

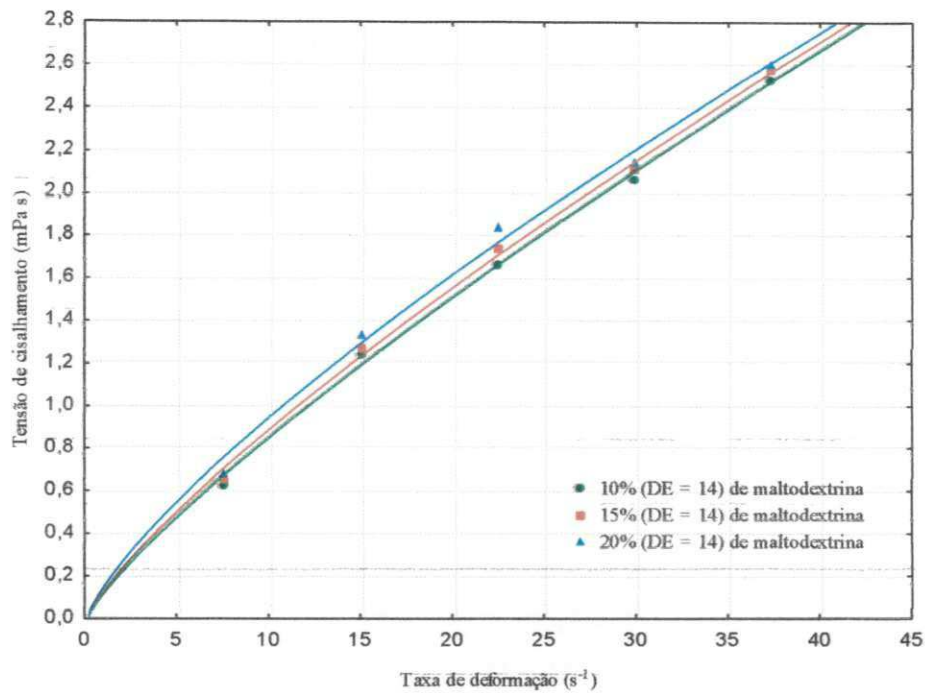


Figura B.3 - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa do mandacaru formulada em três concentrações de maltodextrina na DE = 14, a 10 °C, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)

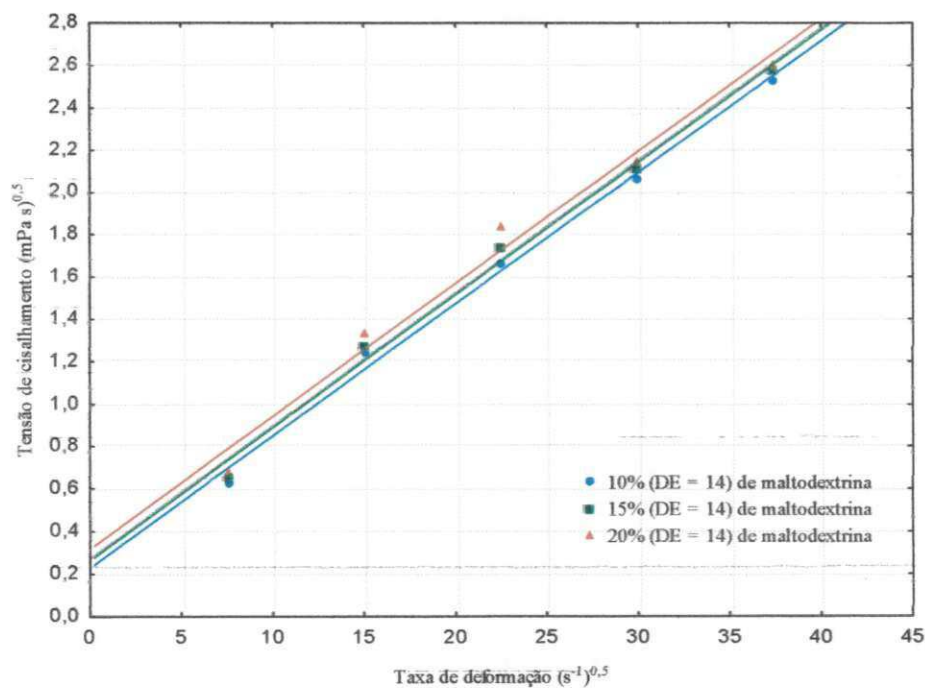


Figura B.4 - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa do mandacaru formulada em três concentrações de maltodextrina na DE = 14, a 10 °C, com ajuste pelo modelo de Casson

APÊNDICE C

Tabela C.1 – Análise de variância dos valores médios de sólidos solúveis totais da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,00000	0,00000	0,0000 ns
Concentração (F2)	2	1,00000	0,50000	150,0000 **
Interação (F1xF2)	2	0,00000	0,00000	0,0000 ns
Tratamentos	5	1,00000	0,20000	60,0000 **
Resíduos	12	0,04000	0,00333	
Total	17	1,04000		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns - Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.2 – Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,00231	0,00231	0,0055 ns
Concentração (F2)	2	40,09007	20,04504	47,3919 **
Interação (F1xF2)	2	0,29353	0,14676	0,3470 ns
Tratamentos	5	40,38592	8,07718	19,0967 **
Resíduos	12	5,07556	0,42296	
Total	17	45,46147		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.3 – Análise de variância dos valores médios do teor de sólidos totais da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,00541	0,00541	0,0401 ns
Concentração (F2)	2	11,11839	5,55919	41,1979 **
Interação (F1xF2)	2	0,52307	0,26153	1,9382 ns
Tratamentos	5	11,64686	2,32937	17,2624 **
Resíduos	12	1,61927	0,13494	
Total	17	13,26613		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.4 – Análise de variância dos valores médios do teor de água da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,09537	0,09537	0,6112 ns
Concentração (F2)	2	9,05157	4,52579	29,0074 **
Interação (F1xF2)	2	0,97557	0,48778	3,1264 ns
Tratamentos	5	10,12251	2,02450	12,9758 **
Resíduos	12	1,87226	0,15602	
Total	17	11,99477		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.5 – Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,02329	0,02329	22,0634 **
Concentração (F2)	2	0,03781	0,01891	17,9097 **
Interação (F1xF2)	2	0,01840	0,00920	8,7151 **
Tratamentos	5	0,07951	0,01590	15,0626 **
Resíduos	12	0,01267	0,00106	
Total	17	0,09217		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.6 – Análise de variância dos valores médios de açúcares totais da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	270,12627	270,12627	89,8422 **
Concentração (F2)	2	121,09171	60,54585	20,1371 **
Interação (F1xF2)	2	20,36312	10,18156	3,3863 ns
Tratamentos	5	411,58110	82,31622	27,3778 **
Resíduos	12	36,08011	3,00668	
Total	17	447,66121		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.7 – Análise de variância dos valores médios de açúcares redutores da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	27,22999	27,22999	12,6956 **
Concentração (F2)	2	32,97763	16,48882	7,6877 **
Interação (F1xF2)	2	0,53416	0,26708	0,1245 ns
Tratamentos	5	60,74178	12,14836	5,6640 **
Resíduos	12	25,73808	2,14484	
Total	17	86,47986		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.8 – Análise de variância dos valores médios de açúcares não redutores da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	104,21348	104,21348	733,3112 **
Concentração (F2)	2	22,21274	11,10637	78,1513 **
Interação (F1xF2)	2	18,30118	9,15059	64,3893 **
Tratamentos	5	144,72740	28,94548	203,6785 **
Resíduos	12	1,70536	0,14211	
Total	17	146,43277		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.9 – Análise de variância dos valores médios do teor de cinzas da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,05963	0,05963	65,6127 **
Concentração (F2)	2	0,52484	0,26242	288,7595 **
Interação (F1xF2)	2	0,20125	0,10063	110,7266 **
Tratamentos	5	0,78572	0,15714	172,9170 **
Resíduos	12	0,01091	0,00091	
Total	17	0,79662		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.10 – Análise de variância dos valores médios da luminosidade (L*) da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,44809	0,44809	137,1701 **
Concentração (F2)	2	229,18831	114,59416	35079,8435 **
Interação (F1xF2)	2	3,44991	1,72496	528,0476 **
Tratamentos	5	233,08631	46,61726	14270,5905 **
Resíduos	12	0,03920	0,00327	
Total	17	233,12551		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.11 – Análise de variância dos valores médios da intensidade de vermelho (+a) da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,46722	0,46722	88,1551 **
Concentração (F2)	2	43,98408	21,99204	4149,4413 **
Interação (F1xF2)	2	0,14608	0,07304	13,7809 **
Tratamentos	5	44,59738	8,91948	1682,9199 **
Resíduos	12	0,06360	0,00530	
Total	17	44,66098		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.12 – Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo (+b) da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	2,78480	2,78480	295,0347 **
Concentração (F2)	2	48,54910	24,27455	2571,7593 **
Interação (F1xF2)	2	1,23623	0,61812	65,4862 **
Tratamentos	5	52,57013	10,51403	1113,9051 **
Resíduos	12	0,11327	0,00944	
Total	17	52,68340		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.13– Análise de variância dos valores médios da atividade de água (a_w) da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,00238	0,00238	340,0714 **
Concentração (F2)	2	0,00273	0,00136	194,8651 **
Interação (F1xF2)	2	0,00096	0,00048	68,5952 **
Tratamentos	5	0,00607	0,00121	173,3984 **
Resíduos	12	0,00008	0,00001	
Total	17	0,00615		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.14 – Análise de variância dos valores médios da solubilidade da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	29,38889	29,38889	132,2500 **
Concentração (F2)	2	208,44444	104,22222	469,0000 **
Interação (F1xF2)	2	21,77778	10,88889	49,0000 **
Tratamentos	5	259,61111	51,92222	233,6500 **
Resíduos	12	2,66667	0,22222	
Total	17	262,27778		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.15 – Análise de variância dos valores médios da molhabilidade da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,00030	0,00030	877,4401 **
Concentração (F2)	2	0,00039	0,00019	575,5534 **
Interação (F1xF2)	2	0,00008	0,00004	112,7356 **
Tratamentos	5	0,00076	0,00015	450,8036 **
Resíduos	12	0,00000	0,00000	
Total	17	0,00077		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela C.16 – Análise de variância dos valores médios do tempo de reconstituição da polpa de mandacaru formulada em pó em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e das concentrações de maltodextrina (10%, 15% e 20%)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	4,50000	4,50000	16,2000 **
Concentração (F2)	2	596,33333	298,16667	1073,4000 **
Interação (F1xF2)	2	52,33333	26,16667	94,2000 **
Tratamentos	5	653,16667	130,63333	470,2800 **
Resíduos	12	3,33333	0,27778	
Total	17	656,50000		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

APÊNDICE D

Tabela D.1 - Análise de variância dos valores médios do pH em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 10, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	0,01358	0,01358	31,2392 **
Regressão quadrática	1	0,00048	0,00048	1,0954 ns
Regressão cúbica	1	0,02813	0,02813	64,6965 **
Regressão 4º grau	1	0,00343	0,00343	7,8950 *
Regressão 5º grau	1	0,00116	0,00116	2,6618 ns
Tratamentos	5	0,04677	0,00935	21,5176
Resíduos	18	0,00783	0,00043	
Total	23	0,05460		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.2 - Análise de variância dos valores médios do pH em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 14, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	0,01249	0,01249	13,8980 **
Regressão quadrática	1	0,00008	0,00008	0,0848 ns
Regressão cúbica	1	0,01152	0,01152	12,8198 **
Regressão 4º grau	1	0,00223	0,00223	2,4840 ns
Regressão 5º grau	1	0,00080	0,00080	0,8942 ns
Tratamentos	5	0,02712	0,00542	6,0362
Resíduos	18	0,01617	0,00090	
Total	23	0,04330		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.3 – Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico da polpa de mandacaru formulada em pó na concentração de 10% em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	3,23327	3,23327	9,0392 **
Concentração (F2)	5	240,76619	48,15324	134,6217 **
Interação (F1xF2)	5	1,46014	0,29203	0,8164 ns
Tratamentos	11	245,45959	22,31451	62,3845 **
Resíduos	36	12,87695	0,35769	
Total	47	258,33654		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns - Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela D.4 - Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 10, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	103,86117	103,86117	431,1470 **
Regressão quadrática	1	0,23714	0,23714	0,9844 ns
Regressão cúbica	1	0,06628	0,06628	0,2751 ns
Regressão 4º grau	1	0,99326	0,99326	4,1232 ns
Regressão 5º grau	1	0,15224	0,15224	0,6320 ns
Tratamentos	5	105,31010	21,06202	87,4324
Resíduos	18	4,33611	0,24090	
Total	23	109,64621		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.5 - Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 14, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	133,99267	133,99267	282,3925 **
Regressão quadrática	1	0,92089	0,92089	1,9408 ns
Regressão cúbica	1	0,11875	0,11875	0,2503 ns
Regressão 4º grau	1	0,43706	0,43706	0,9211 ns
Regressão 5º grau	1	1,44686	1,44686	3,0493 ns
Tratamentos	5	136,91623	27,38325	57,7108
Resíduos	18	8,54084	0,47449	
Total	23	145,45706		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.6 - Análise de variância dos valores médios do teor de água da polpa de mandacaru formulada em pó na concentração de 10% em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	9,17936	9,17936	88,1732 **
Concentração (F2)	5	189,06233	37,81247	363,2112 **
Interação (F1x F2)	5	1,92678	0,38536	3,7016 **
Tratamentos	11	200,16848	18,19713	174,7943 **
Resíduos	36	3,74782	0,10411	
Total	47	203,91629		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns - Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela D.7 - Análise de variância dos valores médios do teor de água em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 10, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	83,14967	83,14967	1329,5976 **
Regressão quadrática	1	0,32306	0,32306	5,1658 *
Regressão cúbica	1	3,74886	3,74886	59,9458 **
Regressão 4º grau	1	0,30744	0,30744	4,9161 *
Regressão 5º grau	1	0,77455	0,77455	12,3853 **
Tratamentos	5	88,30357	17,66071	282,4021
Resíduos	18	1,12567	0,06254	
Total	23	89,42925		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.8 - Análise de variância dos valores médios do teor de água em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 14, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	101,34072	101,34072	695,6653 **
Regressão quadrática	1	0,43644	0,43644	2,9960 ns
Regressão cúbica	1	0,62331	0,62331	4,2788 ns
Regressão 4º grau	1	0,25649	0,25649	1,7607 ns
Regressão 5º grau	1	0,02858	0,02858	0,1962 ns
Tratamentos	5	102,68554	20,53711	140,9794
Resíduos	18	2,62214	0,14567	
Total	23	105,30768		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.9 – Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável da polpa de mandacaru formulada em pó na concentração de 10% em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,04657	0,04657	49,8074 **
Concentração (F2)	5	0,03470	0,00694	7,4215 **
Interação (F1xF2)	5	0,00002	0,00000	0,0042 ns
Tratamentos	11	0,08128	0,00739	7,9033 **
Resíduos	36	0,03366	0,00093	
Total	47	0,11494		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ns - Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela D.10 - Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 10, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	0,01033	0,01033	11,0495 **
Regressão quadrática	1	0,00099	0,00099	1,0644 ns
Regressão cúbica	1	0,00596	0,00596	6,3731 *
Regressão 4º grau	1	0,00003	0,00003	0,0334 ns
Regressão 5º grau	1	0,00003	0,00003	0,0312 ns
Tratamentos	5	0,01734	0,00347	3,7103
Resíduos	18	0,01682	0,00093	
Total	23	0,03416		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.11 - Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 14, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	0,01061	0,01061	11,3885 **
Regressão quadrática	1	0,00098	0,00098	1,0535 ns
Regressão cúbica	1	0,00589	0,00589	6,3254 *
Regressão 4º grau	1	0,00002	0,00002	0,0199 ns
Regressão 5º grau	1	0,00002	0,00002	0,0196 ns
Tratamentos	5	0,01752	0,00350	3,7614
Resíduos	18	0,01677	0,00093	
Total	23	0,03428		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.12 - Análise de variância dos valores médios da luminosidade (L*) da polpa de mandacaru formulada em pó na concentração de 10% em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	138,55005	138,55005	6620,1704 **
Concentração (F2)	5	796,19971	159,23994	7608,7705 **
Interação (F1xF2)	5	41,84596	8,36919	399,8950 **
Tratamentos	11	976,59572	88,78143	4242,1362 **
Resíduos	36	0,75342	0,02093	
Total	47	977,34915		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns - Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela D.13 - Análise de variância dos valores médios da luminosidade (L^*) em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 10, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	378,37050	378,37050	12382,4717 **
Regressão quadrática	1	0,39841	0,39841	13,0382 **
Regressão cúbica	1	13,17335	13,17335	431,1082 **
Regressão 4º grau	1	4,03940	4,03940	132,1926 **
Regressão 5º grau	1	10,87301	10,87301	355,8279 **
Tratamentos	5	406,85467	81,37093	2662,9277
Resíduos	18	0,55003	0,03056	
Total	23	407,40470		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.14 - Análise de variância dos valores médios da luminosidade (L^*) em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 14, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	398,93932	398,93932	35304,3642 **
Regressão quadrática	1	15,60910	15,60910	1381,3360 **
Regressão cúbica	1	0,04325	0,04325	3,8270 ns
Regressão 4º grau	1	0,02893	0,02893	2,5601 ns
Regressão 5º grau	1	16,57041	16,57041	1466,4083 **
Tratamentos	5	431,19100	86,23820	7631,6991
Resíduos	18	0,20340	0,01130	
Total	23	431,39440		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.15 – Análise de variância dos valores médios da intensidade de vermelho (+a) da polpa de mandacaru formulada em pó na concentração de 10% em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	46,29541	46,29541	1423,2576 **
Concentração (F2)	5	263,76630	52,75326	1621,7911 **
Interação (F1xF2)	5	12,02919	2,40584	73,9626 **
Tratamentos	11	322,09090	29,28099	900,1842 **
Resíduos	36	1,17100	0,03253	
Total	47	323,26190		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns - Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela D.16 - Análise de variância dos valores médios da intensidade de vermelho (+a) em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 10, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	4,61572	4,61572	87,1462 **
Regressão quadrática	1	49,47305	49,47305	934,0657 **
Regressão cúbica	1	41,49600	41,49600	783,4567 **
Regressão 4º grau	1	2,94776	2,94776	55,6545 **
Regressão 5º grau	1	1,38989	1,38989	26,2415 **
Tratamentos	5	99,92242	19,98448	377,3129
Resíduos	18	0,95337	0,05297	
Total	23	100,87580		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.17 - Análise de variância dos valores médios da intensidade de vermelho (+a) em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 14, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	38,16199	38,16199	3156,4195 **
Regressão quadrática	1	75,79100	75,79100	6268,7560 **
Regressão cúbica	1	59,73120	59,73120	4940,4324 **
Regressão 4º grau	1	1,80543	1,80543	149,3293 **
Regressão 5º grau	1	0,38345	0,38345	31,7154 **
Tratamentos	5	175,87307	35,17461	2909,3305
Resíduos	18	0,21762	0,01209	
Total	23	176,09070		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.18 - Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo (+b) da polpa de mandacaru formulada em pó na concentração de 10% em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	71,61410	71,61410	651,6256 **
Concentração (F2)	5	670,70404	134,14081	1220,5638 **
Interação (F1xF2)	5	17,05964	3,41193	31,0455 **
Tratamentos	11	759,37777	69,03434	628,1520 **
Resíduos	36	3,95643	0,10990	
Total	47	763,33420		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns - Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela D.19 - Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo (+b) em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 10, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	102,81396	102,81396	928,2147 **
Regressão quadrática	1	86,33602	86,33602	779,4502 **
Regressão cúbica	1	66,90482	66,90482	604,0234 **
Regressão 4º grau	1	2,99009	2,99009	26,9948 **
Regressão 5º grau	1	0,48103	0,48103	4,3428 ns
Tratamentos	5	259,52592	51,90518	468,6052
Resíduos	18	1,99377	0,11077	
Total	23	261,51970		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; * significativo a nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.20 - Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo (+b) em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 14, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	221,25432	221,25432	2029,1839 **
Regressão quadrática	1	77,99147	77,99147	715,2811 **
Regressão cúbica	1	120,62235	120,62235	1106,2605 **
Regressão 4º grau	1	1,81560	1,81560	16,6514 **
Regressão 5º grau	1	6,55401	6,55401	60,1086 **
Tratamentos	5	428,23775	85,64755	785,4971
Resíduos	18	1,96265	0,10904	
Total	23	430,20040		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; * significativo a nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.21 – Análise de variância dos valores médios da atividade de água (a_w) da polpa de mandacaru formulada em pó na concentração de 10% em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,00004	0,00004	2,5905 ns
Concentração (F2)	5	0,00715	0,00143	91,8209 **
Interação (F1xF2)	5	0,00006	0,00001	0,7472 ns
Tratamentos	11	0,00725	0,00066	42,3119 **
Resíduos	36	0,00056	0,00002	
Total	47	0,00781		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns - Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela D.22 - Análise de variância dos valores médios da atividade de água (a_w) em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 10, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	0,00404	0,00404	34,3210 **
Regressão quadrática	1	0,00024	0,00024	2,0233 ns
Regressão cúbica	1	0,00009	0,00009	0,8031 ns
Regressão 4º grau	1	0,00000	0,00000	0,0019 ns
Regressão 5º grau	1	0,00032	0,00032	2,7073 ns
Tratamentos	5	0,00470	0,00094	7,9713
Resíduos	18	0,00212	0,00012	
Total	23	0,00682		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; * significativo a nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.23 - Análise de variância dos valores médios da atividade de água (a_w) em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 14, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	0,00328	0,00328	310,5217 **
Regressão quadrática	1	0,00002	0,00002	1,6717 ns
Regressão cúbica	1	0,00005	0,00005	5,1064 *
Regressão 4º grau	1	0,00007	0,00007	7,0046 *
Regressão 5º grau	1	0,00000	0,00000	0,0114 ns
Tratamentos	5	0,00342	0,00068	64,8632
Resíduos	18	0,00019	0,00001	
Total	23	0,00361		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; * significativo a nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.24 - Análise de variância dos valores médios da molhabilidade da polpa de mandacaru formulada em pó na concentração de 10% em função da dextrose equivalente (DE = 10 e DE = 14) e do tempo de armazenamento, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DE (F1)	1	0,00009	0,00009	414,0224 **
Concentração (F2)	5	0,00248	0,00050	2221,5607 **
Interação (F1x F2)	5	0,00001	0,00000	11,5393 **
Tratamentos	11	0,00258	0,00023	1052,6838 **
Resíduos	36	0,00001	0,00000	
Total	47	0,00259		

* significativo a nível de 5% de probabilidade; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; ns - Não significativo; DE = Dextrose equivalente; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste

Tabela D.25 - Análise de variância dos valores médios da molhabilidade em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 10, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	0,00101	0,00101	14284,4881 **
Regressão quadrática	1	0,00007	0,00007	1044,4565 **
Regressão cúbica	1	0,00001	0,00001	77,7878 **
Regressão 4º grau	1	0,00000	0,00000	36,6441 **
Regressão 5º grau	1	0,00000	0,00000	23,6827 **
Tratamentos	5	0,00109	0,00022	3093,4118
Resíduos	18	0,00000	0,00000	
Total	23	0,00109		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; * significativo a nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

Tabela D.26 - Análise de variância dos valores médios da molhabilidade em função do tempo de armazenamento da formulação com 10% de maltodextrina na DE = 14, a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	0,00125	0,00125	3334,7472 **
Regressão quadrática	1	0,00012	0,00012	317,9072 **
Regressão cúbica	1	0,00001	0,00001	29,9224 **
Regressão 4º grau	1	0,00002	0,00002	40,7030 **
Regressão 5º grau	1	0,00000	0,00000	8,2158 *
Tratamentos	5	0,00140	0,00028	746,2992
Resíduos	18	0,00001	0,00000	
Total	23	0,00141		

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste; ** significativo a nível de 1% de probabilidade; * significativo a nível de 5% de probabilidade; ns - Não significativo

APÊNDICE E

Tabela E.1 – Valores médios dos teores de água de equilíbrio do mandacaru em pó formulado a 10% de maltodextrina na DE = 10 na temperatura de 20 °C

a_w	Xeq (% b.s)
0,321	2,738
0,403	4,049
0,426	5,418
0,477	7,370
0,503	9,263
0,543	11,826
0,590	13,923
0,638	16,341
0,682	18,468
0,742	20,856
0,751	23,041
0,776	25,109
0,786	26,857
0,799	28,750
0,868	44,888
0,873	49,927
0,884	54,034
0,901	64,637
0,916	68,250

Tabela E.2 – Valores médios dos teores de água de equilíbrio do mandacaru em pó formulado a 10% de maltodextrina na DE = 10 na temperatura de 30 °C

a_w	Xeq (% b.s)
0,221	2,761
0,320	3,623
0,423	6,236
0,491	8,996
0,540	11,312
0,597	14,073
0,654	16,270
0,710	18,734
0,736	20,515
0,763	23,128
0,782	25,770
0,800	28,175
0,811	29,660
0,832	31,798
0,900	55,816
0,906	60,804

Tabela E.3 – Valores médios dos teores de água de equilíbrio do mandacaru em pó formulado a 10% de maltodextrina na DE = 10 na temperatura de 40 °C

a_w	Xeq (% b.s)
0,171	2,956
0,317	4,704
0,387	6,324
0,473	8,963
0,533	10,870
0,576	12,586
0,627	14,049
0,690	16,465
0,719	17,831
0,753	21,709
0,809	30,358
0,841	36,333
0,876	41,832
0,925	69,973
0,932	76,836

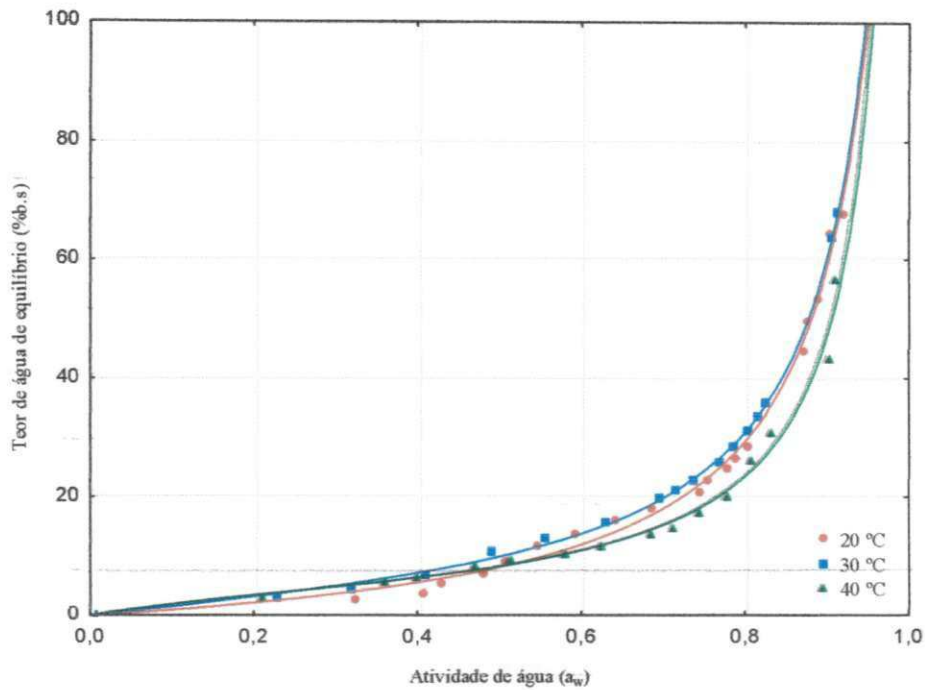


Figura E.1 – Isotermas de adsorção de água da polpa do mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina ($DE = 10$), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas ao modelo de GAB

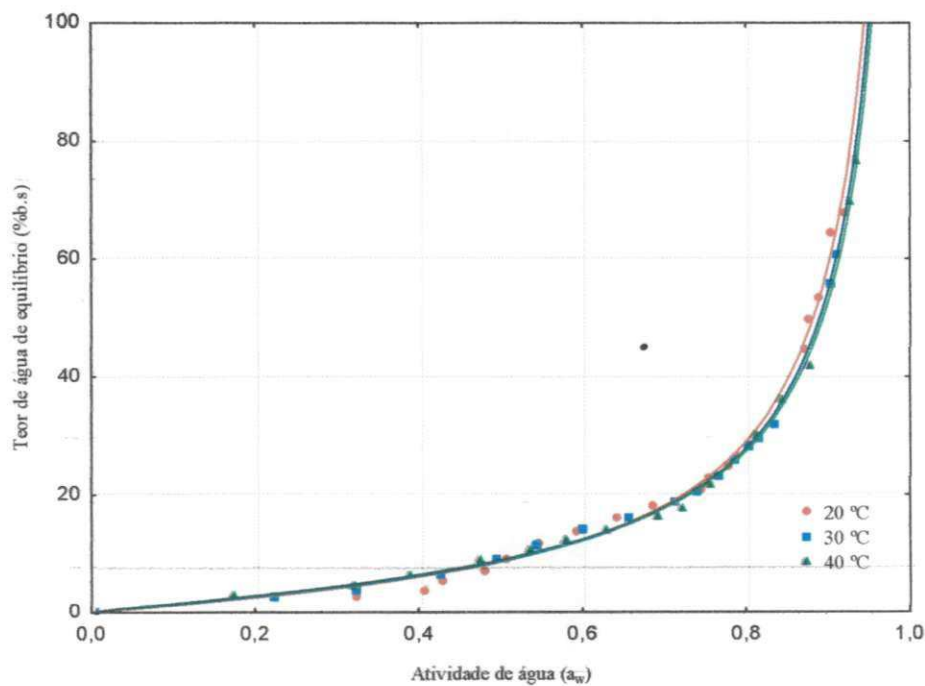


Figura E.2 – Isotermas de adsorção de água da polpa do mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina ($DE = 10$), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas ao modelo de Oswin

Tabela E.6 – Valores médios dos teores de água de equilíbrio do mandacaru em pó formulado a 10% de maltodextrina na DE = 14 na temperatura de 20 °C

a_w	Xeq (% b.s)
0,280	2,920
0,345	3,591
0,414	4,934
0,450	7,095
0,493	9,139
0,541	11,851
0,596	14,190
0,661	16,613
0,704	18,540
0,737	21,226
0,759	23,533
0,779	25,664
0,794	29,637
0,803	35,122
0,863	49,549
0,875	53,783
0,882	57,783
0,900	63,621
0,907	66,482

Tabela E.7 – Valores médios dos teores de água de equilíbrio do mandacaru em pó formulado a 10% de maltodextrina na DE = 14 na temperatura de 30 °C

a_w	Xeq (% b.s)
0,226	2,955
0,316	4,368
0,406	6,681
0,486	10,632
0,553	13,074
0,625	15,933
0,693	19,660
0,712	21,139
0,734	22,874
0,765	25,957
0,783	28,623
0,800	31,161
0,813	33,538
0,822	35,819
0,903	63,669
0,910	68,102

Tabela E.8 – Valores médios dos teores de água de equilíbrio do mandacaru em pó formulado a 10% de maltodextrina na DE = 14 na temperatura de 40 °C

a_w	Xeq (% b.s)
0,209	3,093
0,357	5,857
0,395	6,302
0,466	8,369
0,512	9,471
0,577	10,515
0,620	11,733
0,683	13,667
0,710	14,751
0,742	17,322
0,776	19,988
0,805	26,190
0,830	30,945
0,901	43,165
0,907	56,734

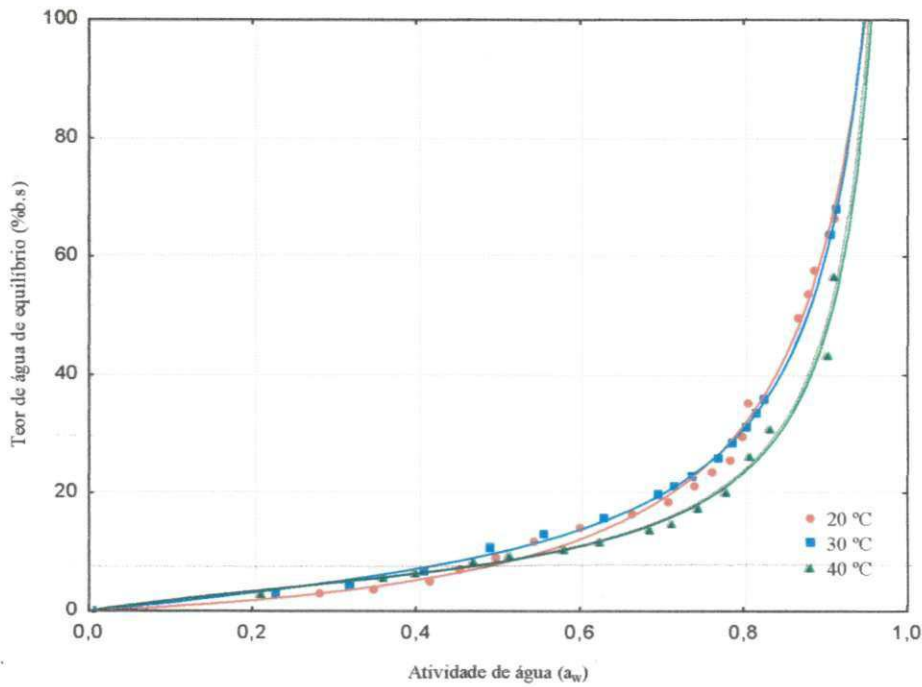


Figura E.7 – Isotermas de adsorção de água da polpa do mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina (DE = 14), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C ajustadas ao modelo de GAB

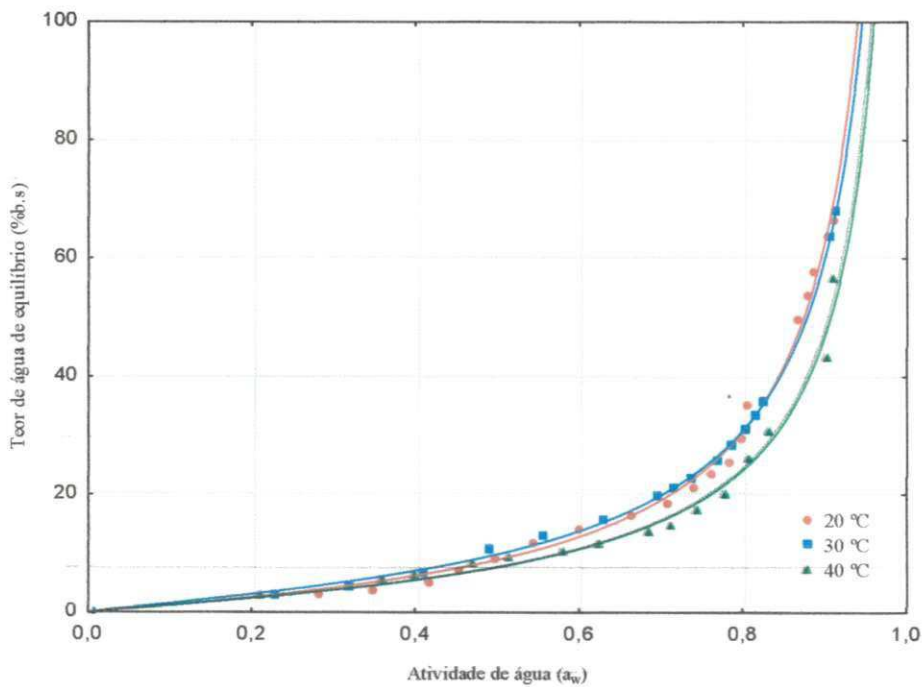


Figura E.8 – Isotermas de adsorção de água da polpa do mandacaru em pó na concentração de 10% de maltodextrina (DE = 14), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C ajustadas ao modelo de Oswin